

CURSO DE

ELECTRONICA GENERAL



~~TEORIA ELECTRONICA~~ ~~CONDUCTORES~~
~~RESISTORES~~ ~~EL CIRCUITO ELECTRICO~~
~~PILAS Y ACUMULADORES~~

INTRODUCCION

Con el lanzamiento al mercado de este primer fascículo, damos comienzo a la publicación de un curso de electrónica general. Pretendemos de este modo, satisfacer la numerosa demanda de técnicos principiantes y de estudiantes, que por diferentes medios, lo han solicitado.

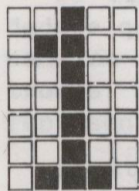
De igual modo, buscamos ampliar el horizonte de aquellos que por una u otra circunstancia, desean penetrar en el campo del mantenimiento de los receptores de TV a Color y de las Videograbadoras, pero que por la limitación de sus conocimientos, no han logrado **asimilar** cabalmente, los cursos anteriores que sobre la materia hemos publicado.

Los primeros fascículos de **Electrónica General**, sentarán las bases para que, metodicamente y **sin saltos o experimentos deslumbradores**, elaborados sin objetivo alguno, se pueda alcanzar progresivamente, un nivel aceptable o excelente, conforme a sus habilidades y destrezas, en el ramo de la electrónica.

Dependiendo pues de su dedicación, queda **habilitado** para que sin altas matemáticas o demostraciones engorrosas, si así lo desea, penetre en el mundo de la Electrónica Industrial, de grandísima aplicación en las empresas para controlar procesos industriales. Además, sentadas las bases iniciales, puede introducirse al maravilloso mundo de la Electrónica digital y finalmente, al mundo de los microprocesadores.

Para terminar y recortando estas palabras "no hay cosas imposibles, pero si **hombres incapaces**", acepta pues el desafío que impone una especialidad que está desarrollándose a un ritmo acelerado. Comienza como la gota de agua, que lenta **pero inexorablemente**, perfora una dura roca. Su decisión y firmeza, pueden hacer de usted, un técnico Electrónico, idóneo y capaz, no **un radio chispas**, que esté en capacidad de analizar el principio de funcionamiento de la mayoría de los circuitos y proceder a diagnosticar sus posibles fallas.

Los Editores



TEORIA ELECTRONICA

Si bien es cierto que la electricidad como tal, despegó en base al descubrimiento de la minúscula partícula atómica llamada **electrón**. La electrónica se desarrolló un poco más adelante a partir del momento en que se diseñó la válvula o tubo al vacío, que permitió manipular o controlar el fluído de la corriente en un medio no sólido.

Posteriormente, la electrónica tuvo un nuevo empuje con la fabricación del diodo semiconductor y el transistor, donde los electrones se pueden desplazar dentro de un estado sólido, evitando el engorroso y costoso uso de los filamentos calefactores, necesarios para producir la **emisión** de electrones.

Estos elementos sólidos consistieron en el germanio (Ge) y el silicio (Si). Un tercero y definitivo impulso para la electrónica se logró con la **integración** en pequeña y luego gran escala, de los circuitos electrónicos en un **chip** o circuito integrado, que miniaturizó el diseño y redujo los espacios. De hecho, si se desea avanzar en el conocimiento y dominio de la electrónica, es necesario tener un poco más claro los conceptos sobre la materia.

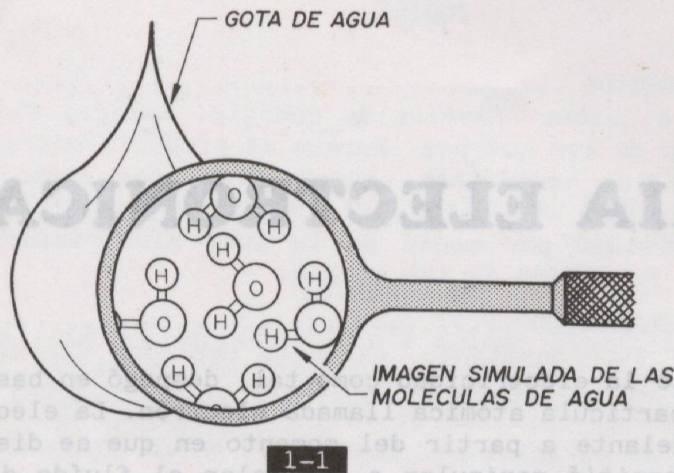
LA MATERIA

Una definición sencilla de la materia es: "todo aquello que nos rodea y que impresiona de una u otra manera nuestros cinco (5) sentidos y además, ocupa un lugar en el espacio". Como ejemplo de materia, se tiene el aire que respiramos, el agua, la madera, la sal, el azúcar, etc.

De hecho, la materia en sí está compuesta por un sinnúmero de sustancias. Cada una de ellas se distingue de las otras por ciertas propiedades físicas y químicas. Así por ejemplo, se tiene que el aire que respiramos (no se ve) es gaseoso, el agua que usamos cotidianamente, puede tener forma líquida, sólida y gaseosa. Un ejemplo de sólido, bajo la forma de cristal, es la sal de cocina.

Si tomamos una gota de agua y la convertimos en minúsculas partículas y si se pudiera observar la mínima porción obtenida, veríamos una **molécula** de agua. Esta molécula, es la mínima expresión de una sustancia sin que ésta pierda sus propiedades como tal. Figura 1-1.

La molécula de agua está conformada por tres elementos, **dos** de hidrógeno y **uno** de oxígeno. Su fórmula, ya conocida por todos es H_2O . Cada uno de estos elementos recibe el nombre de **átomo**.



EL ATOMO

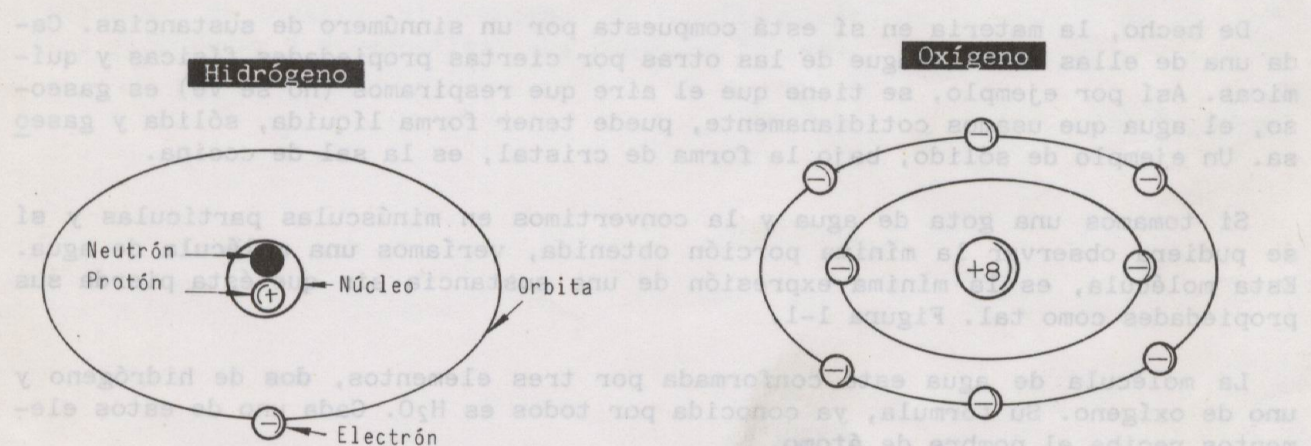
Un átomo, presenta una estructura interna muy análoga a la del sistema solar. En el sistema solar, existe un núcleo, el sol. Alrededor de este núcleo o sol, giran otros planetas, formando varias órbitas.

En el átomo, existe una parte central o núcleo. Dicho núcleo contiene dos tipos de partículas, protones y neutrones. Mientras el protón posee una **carga eléctrica positiva**, el neutrón, como su nombre lo indica, **carece** de ella.

Alrededor del átomo y formando **órbitas** más o menos elípticas, giran unas pequeñas partículas llamadas **electrones**. Estos electrones poseen **cargas eléctricas negativas**. Todo átomo en estado de equilibrio, debe tener tantos electrones como protones tenga el núcleo.

El átomo más sencillo es el de Hidrógeno (H), pues contiene en su núcleo o parte central un sólo protón y un neutrón. Girando alrededor del núcleo, se tiene un electrón, Figura 1-2a.

Así como además del sistema solar existen otras galaxias con sistemas más o menos complicados, existen también átomos diferentes al del hidrógeno, con estructuras más complejas, por ejemplo el oxígeno, el silicio, el germanio, etc.



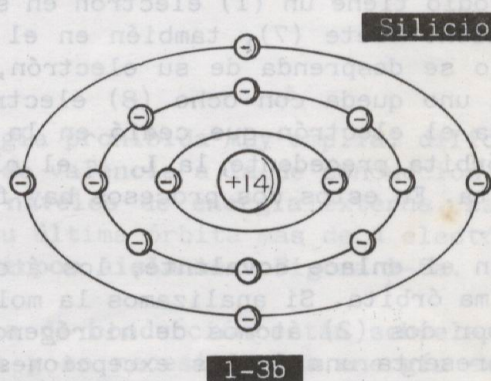
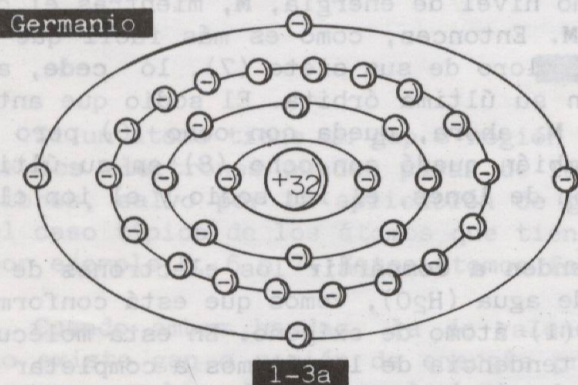
1-2a

1-2b

La figura 1-2b, muestra la estructura del átomo de oxígeno (O). De ella se deduce que contiene 8 electrones dispuestos en dos órbitas. La primera o más cercana al núcleo con 2 y la segunda con 6. El núcleo contiene 8 protones y 6 neutrones. Por facilidad de explicación éstos últimos se omiten y los protones se representan con el $N^{\circ} +8$.

El átomo de Germanio (Ge), tiene en su núcleo, 32 protones. Alrededor de dicho núcleo, existen 32 electrones distribuidos en 4 órbitas. La primera órbita contiene 2 electrones, La segunda 8, la tercera 18 y la cuarta o última, 4. Figura 1-3a.

El átomo de Silicio (Si), muy abundante en la naturaleza (la blanca arena del mar) y con el cual se fabrican los modernos semiconductores, posee en su núcleo 14 protones. Alrededor de éste, hay 3 órbitas, la primera contiene 2 electrones, la segunda 8 y la tercera o última, 4 electrones. Figura 1-3b.



Niveles de Energía

Por los anteriores planteamientos, ya conoce que los electrones o partículas de carga negativa, giran alrededor del núcleo y que también, pueden estar conformando varias órbitas. En electrónica, una órbita **es un nivel de energía**.

Cuando un electrón está en una órbita o nivel de energía muy cercana al núcleo, este núcleo ejerce sobre él, una fuerte atracción. En cambio, cuando un electrón está en una órbita o nivel de energía más alejado del núcleo, dicho núcleo ejerce sobre él poca atracción.

De otra parte, cuando un electrón está en una órbita o nivel de energía **cerca** no al núcleo, dicho electrón posee **poca energía**. Por el contrario, cuando el electrón está en una órbita o nivel de energía **retirada** del núcleo, este electrón posee **mucha** energía.

Si entendió los anteriores planteamientos, observará que para que un electrón **gane** o **adquiera** mayor energía bastará con hacerlo pasar de las primeras a las últimas órbitas o niveles de energía. Para lograr el anterior objetivo, existen 6 formas:

- 1 - Reacciones químicas
- 2 - Medios magnéticos
- 3 - Calor
- 4 - Presión o vibración
- 5 - Luz
- 6 - Fricción

Enlaces de los Átomos

En sus diferentes combinaciones, los átomos **tienden a completar ocho (8) electrones** en su última órbita o nivel de energía. Es bueno aclarar, que existen algunas excepciones como las del hidrógeno, que tiende a completar dos (2) electrones en su única o última órbita. La propiedad que tiene un átomo para unirse con otro, es llamada **enlace**. El nivel de energía donde ocurre este enlace, es llamado **banda de valencia**. Existen dos (2) tipos de enlace:

- Enlace Iónico
- Enlace Covalente

El **enlace iónico**, ocurre cuando uno de los átomos de la combinación **cede** electrones y el otro, los **obtiene**, para completar los ocho (8) electrones en su última órbita. Es el caso de la molécula de sal o cloruro de sodio (NaCl), que como se puede ver, está conformado por un átomo de sodio (Na) y otro de cloro (Cl). El sodio tiene un (1) electrón en su último nivel de energía, **M**, mientras el cloro tiene siete (7), también en el nivel **M**. Entonces, como es más fácil que el sodio se desprenda de su electrón, que el cloro de sus siete (7), lo **cede**, así cada uno queda con ocho (8) electrones en su última órbita. El sodio que antes tenía el electrón que cedió en la órbita **M**, ahora, queda con ocho (8) pero en la órbita precedente, la **L**, y el cloro también quedó con ocho (8) en su última órbita. En estos dos procesos hay formación de **iones**, el ion sodio y el ion cloruro.

En el **enlace covalente**, los átomos **tienden a compartir** los electrones de su última órbita. Si analizamos la molécula de agua (H_2O), vemos que está conformado por dos (2) átomos de hidrógeno y un (1) átomo de oxígeno. En esta molécula se presenta una de las excepciones en la tendencia de los átomos a completar ocho (8) electrones en su última órbita, pues, el hidrógeno no puede ceder su electrón, figura 1-2a, y más bien **tiende a completar dos (2)** en su única y por lo tanto última órbita. El oxígeno, figura 1-2b, por su parte, **tiende a completar los ocho (8) electrones** y solo le faltarían dos (2) electrones para completarlos. Luego, tiene que unirse con dos (2) átomos de hidrógeno para lograr este propósito.

Si miramos un átomo de silicio (Si) o uno de germanio (Ge), ambos tienen en su última órbita cuatro (4) electrones. Luego, el átomo de silicio sólo podrá unirse con otro de la misma clase, es decir, ninguno de los dos está en capacidad de ceder al otro un electrón. Luego, la solución es **compartirlos** y así ambos satisfacen la tendencia de ocho (8) electrones en su última órbita.

Clasificación de los Cuerpos

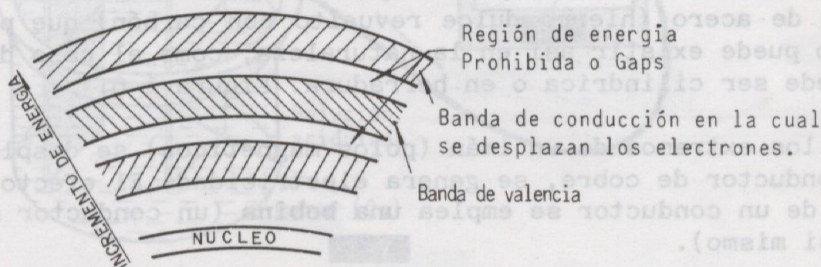
En la electrónica existen tres tipos de cuerpos, a saber:

- a. Aislantes
- b. Conductores
- c. Semiconductores

Si observamos detenidamente la figura 1-4, se ven sombreadas 2 regiones o **bandas**, una más cercana al núcleo llamada **banda de valencia** y otra más retirada llamada **banda de conducción**.

Separando ambas bandas, la de valencia de la de conducción, se halla una zona vacía o carente de energía, donde ningún electrón puede estar y es llamada **gap** o región de **energía prohibida**. El ancho de este gap, varía mucho dependiendo de los tipos de átomos.

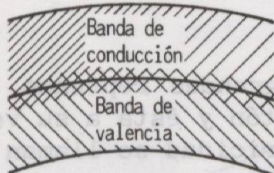
Cuando aplicamos energía externa a un átomo, ya sea por reacciones químicas, magnetismo, calor, luz, presión o vibración y fricción, se puede pasar un electrón de la banda de valencia a la de conducción, de modo que éste adquiere gran movilidad, convirtiéndose en electrón libre y adquiriendo el máximo de energía.



1-4

Si un átomo tiene un gap o región de energía prohibida muy amplia, difícilmente los electrones pueden pasar de la banda de valencia a la de conducción y ser libres, salvo por la aplicación de grandes niveles de energía externa. Este es el caso típico de los átomos que tienen en su última órbita más de 4 electrones, por ejemplo 5, 6 o 7. Estos átomos forman **cuerpos aislantes**. Figura 1-5a.

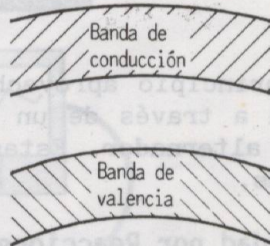
Cuando ambas bandas, la de valencia y la de conducción están sobrelapadas, no existe gap o región de energía prohibida y se necesita poca energía externa para pasar los electrones de la banda de valencia a la de conducción y hacer que éstos sean libres. Este es el caso de los átomos con menos de 4 electrones en su última órbita, por ejemplo 1, 2 o 3. Estos átomos forman **cuerpos conductores**. Figura 1-5b.



1-5a



1-5b



1-5c

Cuando un átomo tiene separadas ambas bandas, la de valencia y la de conducción, por gaps o regiones de energía prohibida intermedias, ni tan grandes como en los aislantes ni tan pequeños como en los conductores, es llamado **semiconductor**, es decir, no es tan aislante ni tan conductor. Este es el caso de los átomos con cuatro (4) electrones en su última órbita, por ejemplo el Germanio y el Silicio. Figura 1-5c.

Formas de Producir Energía Eléctrica

Cuando por uno cualquiera de los sistemas conocidos se logra pasar un electrón de la banda de valencia a la de conducción, se está **generando electricidad**.

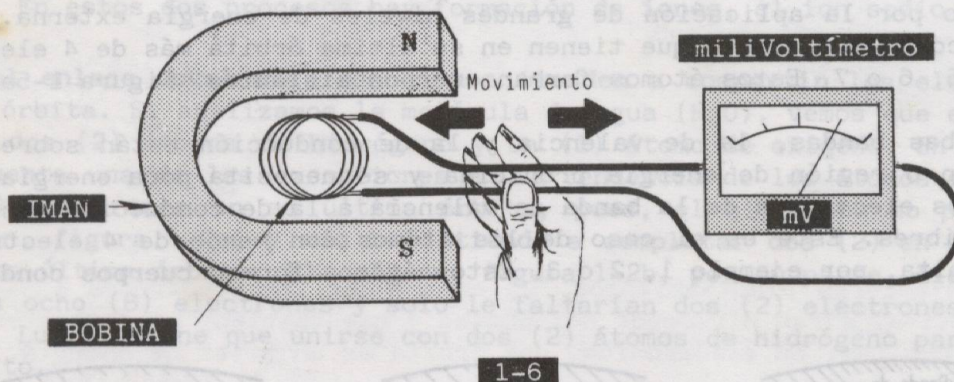
Las formas más empleadas para generar electricidad, serán expuestas a continuación.

Electricidad por Medios Magnéticos

A este nivel, es casi imposible pensar que usted no conozca un imán. Este puede ser un trozo de acero (hierro dulce revuelto con carbón) que previamente se ha magnetizado o puede existir así en la naturaleza, como el caso de la magnetita. Su forma puede ser cilíndrica o en herradura. Figura 1-6.

Cuando entre los extremos de un imán (polos magnéticos) se desplaza un conductor, en dicho conductor de cobre, se genera electricidad. El efecto es mucho mayor si en lugar de un conductor se emplea una bobina (un conductor aislado y enrollado sobre si mismo).

Se consigue el mismo efecto, dejando el conductor quieto y moviendo en su lugar el imán permanente. En ambos casos, el campo magnético del imán está compuesto por líneas de fuerza (invisibles) que al cortar el conductor, generan electrones libres en los átomos de cobre (Cu).



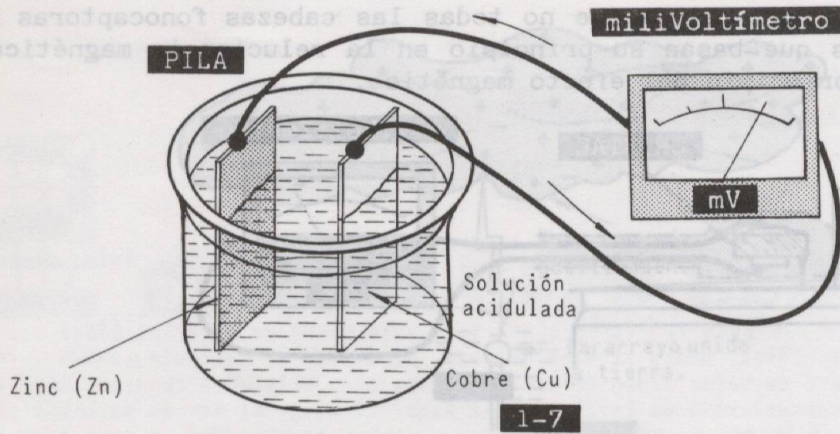
Este principio aprovecha las caídas de agua en las grandes represas, la que conducida a través de un gran tubo, mueve una rueda peltón y ésta a su vez hace girar un **alternador**. Estas plantas generadoras de electricidad se llaman **Hidroeléctricas**.

Electricidad por Reacciones Químicas

La forma más sencilla de producir electricidad por medios químicos consiste en introducir dos placas metálicas de materiales diferentes, por ejemplo cobre y zinc en una solución acidulada. Figura 1-7.

En este caso, el cobre por tener un solo electrón en su última órbita, con relación al zinc que tiene dos, los libera más fácilmente y permite que pasen dichos electrones libres a través del agua acidulada hacia la barra de zinc. Al salir los electrones de la barra de cobre, ésta se torna positiva y la barra de zinc por tener abundancia, se torna negativa.

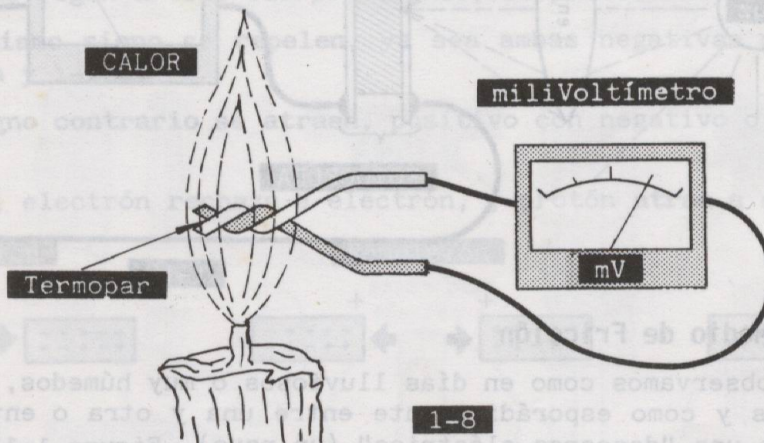
Este fenómeno dió origen a las pilas secas que tanto emplean en su radio portátil o en la linterna y también en la fabricación de las pilas secundarias (baterías o acumuladores) que tanto se emplean en los autos.



Electricidad por Calor

Si trenzamos dos alambres de metal diferente por sus extremos, por ejemplo uno de zinc y otro de cobre y luego calentamos la unión o trenza de los mismos, los electrones del cobre por tener mayor movilidad pasan hacia el zinc donde existe menos movilidad, ya que hay menos electrones libres. Cuando así sucede, el extremo libre del zinc se torna negativo y el extremo del cobre se torna positivo por deficiencia de electrones. Figura 1-8.

Es de anotar que este sistema se puede mejorar, soldando la unión de ambos alambres. Esta unión es conocida como **termopar** o **termocupla** y se utilizó inicialmente en los aviones para detectar la temperatura de los motores, lo mismo que en los motores de los carros. Actualmente se emplea como **pirómetro** o **sensor de temperatura** en los grandes hornos industriales.

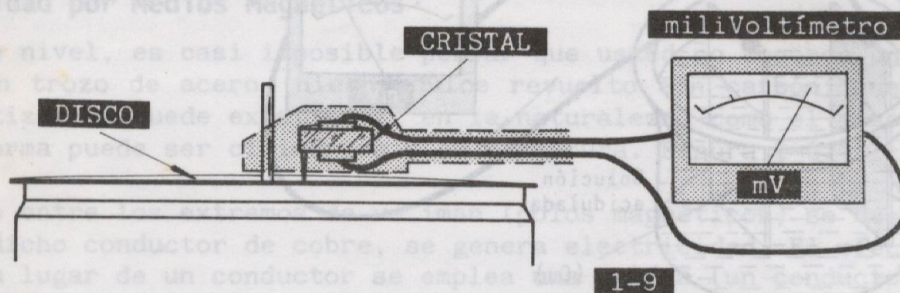


Electricidad por Presión o Vibración

Ciertos cristales como el cuarzo, la turmalina o las sales de Rochell, presentan propiedades piezo-eléctricas, es decir, producen electricidad cuando son sometidas a presión o vibración. Tal es el caso del **cristal** empleado en las cabezas **fonocaptoras** de los tocadiscos, que por medio de una aguja sensora, transmite las vibraciones de los surcos grabados en el disco de acetato, figura 1-9.

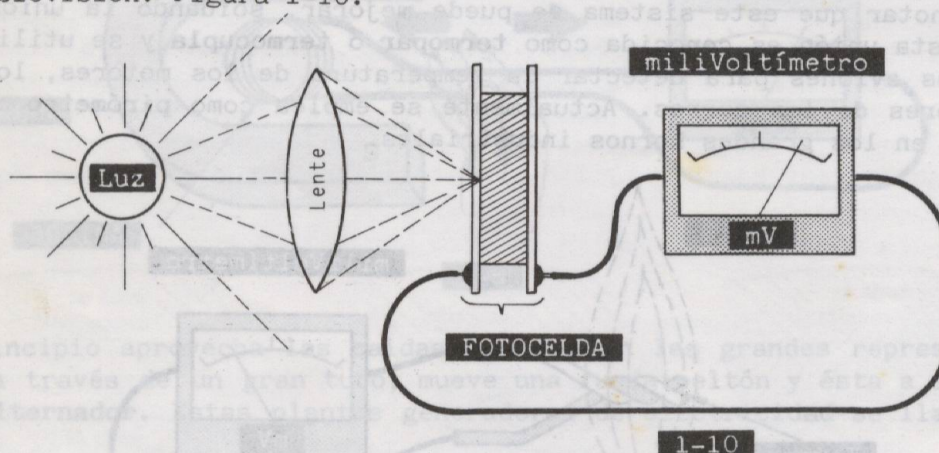
Esta acción de presión o vibración genera una diferencia de potencial en los extremos de los cristales que están unidos a un par de placas metálicas o elec-

trodos. Es importante que usted sepa que no todas las cabezas fonocaptoras son a cristal. Existen otras que basan su principio en la reluctancia magnética y generan tensión bajo el principio del efecto magnético.



Electricidad por Medio de la Luz

Existen en la naturaleza ciertas sustancias sensibles a la presencia de la luz. Tal es el caso del Selenium y de la Plata. Cuando una de estas sustancias o sus aleaciones se colocan dentro de un par de placas de metal transparente, en las caras de la aleación foto-sensible se genera electricidad por el impacto de los fotones. Donde impacta un fotón, sale un electrón y esa parte de la cara unida a la placa de metal transparente se torna positiva. De hecho, la otra cara unida al metal transparente se torna negativa. Figura 1-10. Estas fotoceldas se emplean, por ejemplo en las pantallas de los tubos vidicones que van en las cámaras de televisión. Figura 1-10.

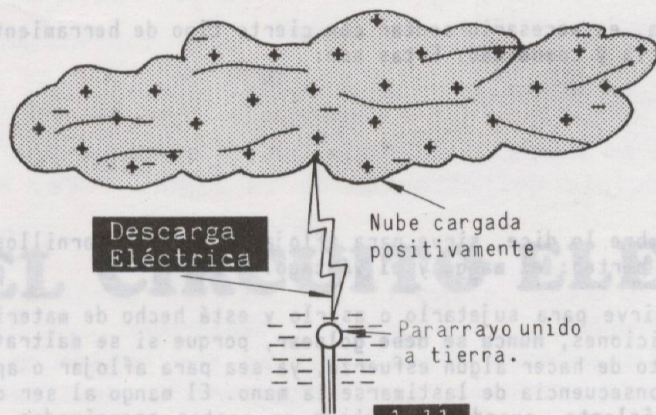


Electricidad por Medio de Fricción

Continuamente observamos como en días lluviosos o muy húmedos, existen concentraciones de nubes y como esporádicamente entre una y otra o entre la tierra y la nube, se sucede una "descarga eléctrica" (un rayo). Figura 1-11.

Otras veces vemos como todos los automóviles llevan en su parte trasera una tira plástica cercana al suelo y en los camiones una cadena metálica. Esta tira o la cadena sirven para **descargar** la carrocería del automóvil o la del camión y evitarle a su conductor, que la electricidad estática se **descargue** a través de él cuando hace contacto con la tierra al **bajarse**.

Si pasa varias veces su peine por el cabello y luego lo acerca a unos trocitos de papel previamente cortados, observará que éstos se adhieren a dicho peine, o en otras palabras, éste los atrae.



1-11

La ocurrencia de todos estos fenómenos se explican por la electroestática o propiedad que tiene un cuerpo de adquirir cargas eléctricas negativas o por el contrario cargas eléctricas positivas. Veamos.

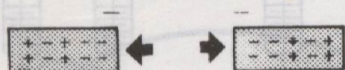
Al frotar dos cuerpos entre sí, puede suceder que algunos átomos de un cuerpo pierdan uno o varios electrones libres. Cuando así sucede, estos quedan con mayor cantidad de protones que de electrones y por lo tanto adquieren **carga positiva**. Por la fricción, es posible que en el otro cuerpo, algunos átomos **ganen** o adquieran los electrones libres que el primer cuerpo perdió. En consecuencia, queda en éste último cuerpo un mayor número de electrones que de protones y por lo tanto adquiere **carga negativa**.

Propiedad de las Cargas

Las leyes que rigen a todo cuerpo cargado, se pueden resumir así:

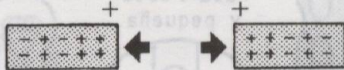
- Cargas del **mismo signo** se **repelen**, ya sea ambas negativas o ambas positivas. Figuras 1-12a y 1-12b.
- Cargas de **signo contrario** se **atraen**, positivo con negativo o viceversa, figura 1-12c.
- De otro modo, electrón **rechaza** a electrón, y protón **atrae** a electrón.

Repulsión



1-12a

Repulsión



1-12b

Atracción



1-12c

Así pues, es normal que la fricción entre las nubes al ser movidas por el viento propician el que éstas se carguen negativa o positivamente. Cuando se encuentran dos nubes con igual carga entre ellas se forma una **chispa** como **repulsión** o si tienen carga diferente, está **chispa** es de **atracción**. A veces puede suceder que una nube esta cargada muy positivamente y al estar muy cercana a la tierra, por medio de un pararrayos, un árbol o por desgracia, un humano, los electrones de la tierra, muy húmeda, **suben** atraídos hacia la nube y dan origen a una gran descarga, **el rayo**.

Herramientas Básicas

En el campo de la electrónica, es necesario contar con cierto tipo de herramientas que son primordiales para laborar con eficiencia y comodidad. Estas son:

- Los destornilladores
- Las pinzas
- El cautín

Los Destornilladores

Esta herramienta, como su nombre lo dice, sirve para aflojar o apretar tornillos. Estos destornilladores se componen de dos (2) partes: **el mango** y **el vástago**.

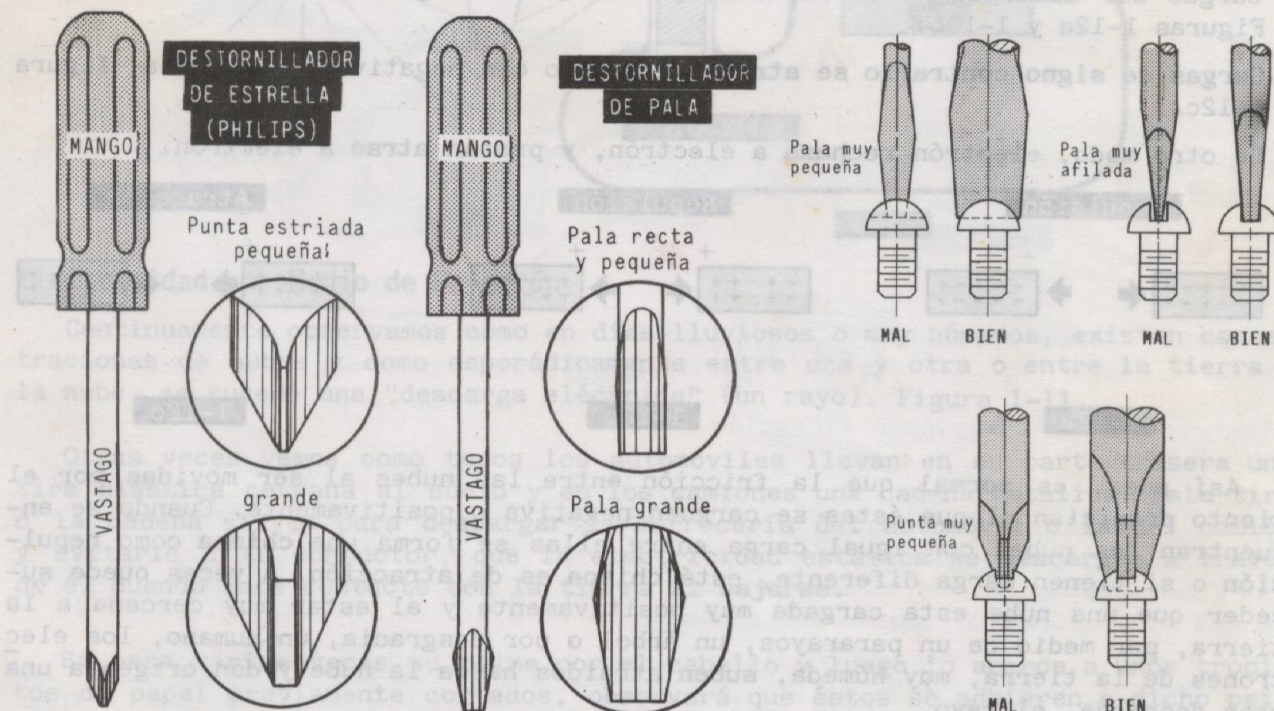
El mango, es la parte que sirve para sujetarlo o asirlo y está hecho de material plástico. Este debe conservarse en buenas condiciones, **nunca se debe golpear**, porque si se maltrata, puede quedar avariado o rayado y en el momento de hacer algún esfuerzo, ya sea para aflojar o apretar, este mango se puede romper con la lógica consecuencia de lastimarse la mano. El mango al ser de material plástico cumple el objetivo de ser **aislante**, cuando se trabaja en partes **energizadas**, aunque esto no se debe hacer por los riesgos que conlleva.

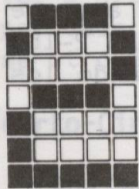
El vástago, es la parte metálica del destornillador cuyo extremo contrario al mango, tiene la forma que determina su nombre. Esencialmente existen dos tipos de destornilladores: **de pala** y **de estrella**. Ver gráfica inferior.

El vástago es el que determina las características del destornillador en sí, ya que su longitud y diámetro se expresan en pulgadas. En los destornilladores de pala, hay que tener en cuenta que la punta encaje perfectamente en la ranura de la cabeza del tornillo (quede sin juego), de lo contrario al hacer presión, ésta tiende a salirse y ocasionar daños. La punta debe ser lo más recta posible, no en forma angular, ver figura.

En forma análoga, en los destornilladores de estrella, hay que observar que su punta encaje adecuadamente, ya que hay tornillos cuya cabeza tiene su perforación estriada, muy poco profunda. Además, se deben distinguir los tornillos con cabeza de hueco estriado en forma de cruz y con poca profundidad, de los de cabeza con hueco estriado normal (estandar).

En ambos tipos de destornilladores, se debe calcular el esfuerzo a realizar (tornillo pequeño o muy grande), para que al utilizarlos, no solo, no dañemos la cabeza del tornillo, sino, que hagamos el menor esfuerzo posible. Un detalle a tener presente es que la presión de giro debe ser igual a la presión vertical sobre la cabeza del tornillo.





EL CIRCUITO ELECTRICO

En los conceptos anteriores, llegamos a deducir que se producía electricidad a partir de los electrones libres y que los electrones libres son aquellos que están en la última órbita de un átomo y que fácilmente pueden ser desprendidos, por cualquiera de los seis (6) métodos mencionados.

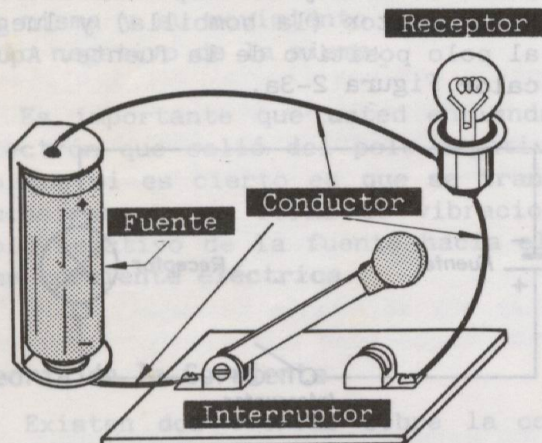
Tan pronto el hombre descubrió la electricidad, buscó la forma de **producirla** y **explotarla** ordenadamente. Para esto último, diseñó el circuito eléctrico.

Cualquier circuito eléctrico debe tener tres elementos, a saber:

- Una fuente de energía
- Un receptor de energía
- Un sistema conductor o transportador de energía.

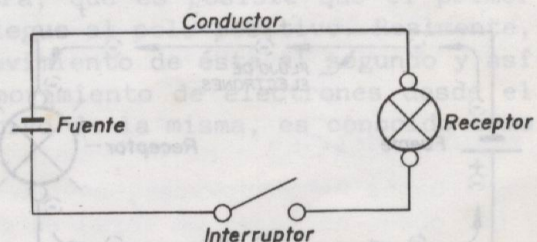
La fuente de energía, es una cualquiera de las seis (6) mencionadas antes, sin embargo, emplearemos para nuestras explicaciones como fuente una pila seca, de 1,5V.

El receptor de energía será de igual modo en nuestra explicación, una bombilla para linterna, para 1,5V. Sin embargo, más adelante entenderemos que un receptor puede ser cualquier aparato que **absorbe** energía, un motor, un radio o un televisor. No lo olvide.



ESQUEMA DE MONTAJE

2-1a



ESQUEMA DE PRINCIPIO

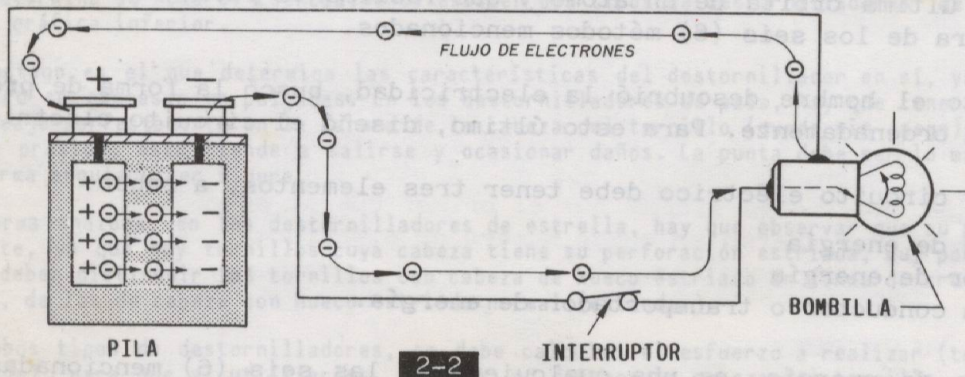
2-1b

El medio para transportar la energía, desde la fuente hacia el receptor, es un alambre de cobre debidamente aislado.

La figura 2-1a, muestra **el montaje** de un circuito conteniendo los elementos mencionados, la fuente, el receptor y los conductores. Sin embargo, allí aparece un elemento adicional y que no hemos mencionado, **un interruptor**. La figura 2-1b, muestra el esquema de principio del circuito de la figura 2-1a, empleando los símbolos adecuados.

Principio de Funcionamiento

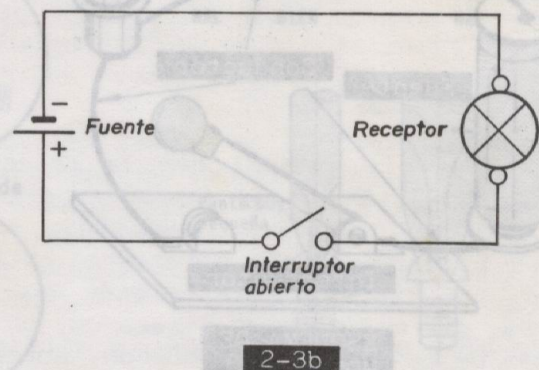
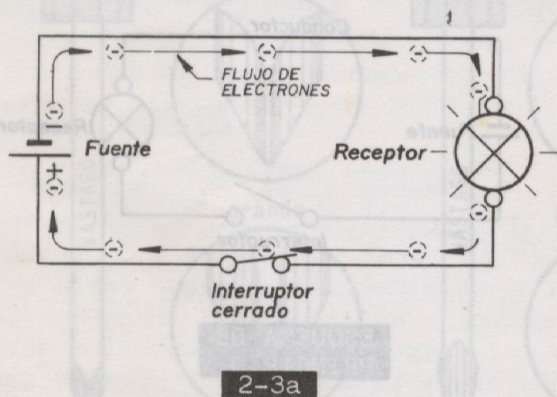
Una pila seca, se puede asumir en forma sencilla que está compuesta por dos polos, uno negativo y el otro positivo. El positivo está identificado con el signo más (+) y el negativo con el signo menos (-). Por las reacciones químicas internas, el polo negativo tiene **un exceso** de electrones y el polo positivo, una **deficiencia** de los mismos. Figura 2-2.



El suministro de energía desde la fuente hacia el receptor, **depende** en este caso, de la **posición** del interruptor, ya sea que este se halle **cerrado** o **abierto**.

Circuito Cerrado

Al cerrar el interruptor (unir sus dos polos), los **electrones libres** acumulados en el **polo negativo** de la fuente (pila), salen de ésta y se desplazan a través del conductor, **atraviesan** el filamento del receptor (la bombilla) y luego **retornan** aprovechando el conductor superior, al polo positivo de la fuente. Aquí la energía de la pila se transformó en **luz** y **calor**. Figura 2-3a.

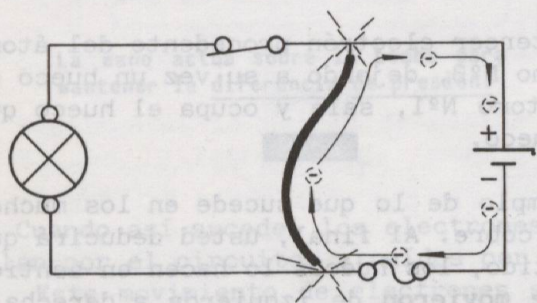


Circuito Abierto

Si los **contactos** del interruptor se hallan **abiertos** o **separados**, los electrones no pueden salir de la pila, pues es necesario encontrar un camino para **volver** a ella. Luego, se dice que el circuito eléctrico está **abierto**. Recuerde, que por cada electrón que salga del polo negativo de la pila, es necesario que **ingrese** otro por el polo positivo. Figura 2-3b.

Corto-Circuito

Los dos anteriores estados del circuito, **abierto y cerrado**, son normales y cumplen un objetivo, **energizar** al receptor. Sin embargo, existe un tercer estado **muy anormal**, en circuito y es conocido como **corto-circuito**. Mientras que con el circuito cerrado, se está **energizado** al receptor, con el corto-circuito, se puede destruir la fuente ya que este último estado consiste en que el circuito se **cierra**, pero, la corriente no pasa por el receptor, y sí, por la fuente y los conductores, produciendo **efectos desastrosos**, esto se debe evitar a toda costa. Figura 2-4.



Fusible



El fusible es un conductor delgado habilitado para fundirse cuando la corriente alcance un valor determinado. Al abrirse se **corta** el paso de corriente.

2-4

Los electrones aprovechando otro medio (un conductor adicional) imprevisto, circulan de polo a polo de la fuente pero a través de los conductores. Este estado debe evitarse, pues puede destruir la fuente y el aislante de los conductores por recalentamiento. Además, los conductores se pueden **fundir**. Para evitarlo se colocan **los fusibles**.

En el circuito de la figura 2-2, se ha mostrado un fluido o movimiento de electrones **externo** desde el polo negativo de la pila hacia el polo positivo de la misma y su movimiento **dentro** de la pila, es desde el polo positivo, hacia el polo negativo de la misma.

Es importante que usted entienda desde ahora, que es posible que el primer electrón que salió del polo negativo, **nunca llegue** al polo positivo. Realmente, lo que sí es cierto es **que se transmite** el movimiento de éste al segundo y así sucesivamente en forma de vibraciones. Este movimiento de electrones desde el polo negativo de la fuente hacia el polo positivo de la misma, es conocido como una **corriente eléctrica**.

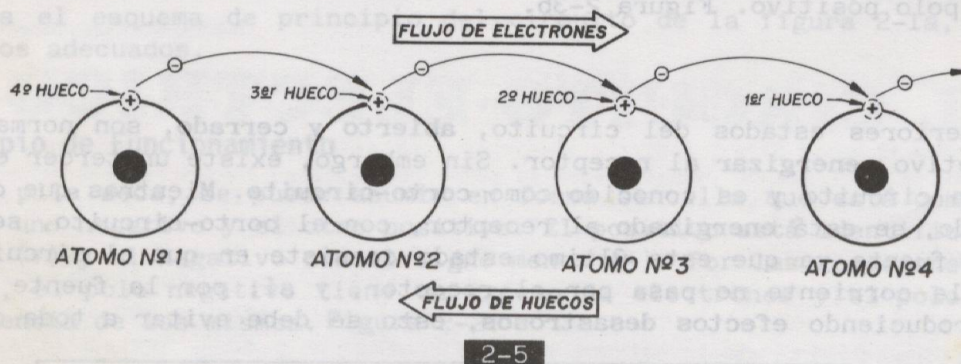
Teoría de la Corriente

Existen dos teorías sobre la corriente y ambas son ciertas. **La electrónica y la convencional**.

Si analizamos el dibujo de la figura 2-5, suponemos el caso de 4 átomos de cobre (realmente un conductor tiene millones y millones de éstos), donde el N°4,

un electrón libre **ha abandonado** dicho átomo. De hecho, en éste átomo ha quedado un hueco o carga positiva (la del electrón que emigró).

Esta circunstancia es aprovechada por un electrón libre del átomo N°3 que **sale** y ocupa el hueco dejado por el electrón que emigró del átomo N°4. Luego, este segundo electrón, también dejó un hueco o carga positiva, en el átomo N°3.



Posteriormente y siguiendo la **cadena**, un tercer electrón procedente del átomo N°2, sale y ocupa el hueco dejado en el átomo N°3, dejando a su vez un hueco en el átomo N°2. Finalmente, un electrón del átomo N°1, sale y ocupa el hueco que quedó en el átomo N°2, dejando a su vez un hueco.

Lo anterior es un pequeño y sencillo ejemplo de lo que sucede en los muchos millones de átomos que tiene un conductor de cobre. Al final, usted deducirá que mientras los electrones se muevan en un sentido, los huecos lo hacen en sentido contrario. Para este caso, los electrones se **movieron** de izquierda a derecha y los huecos de derecha a izquierda.

De este modo, la teoría electrónica de la corriente nos dice que ésta es un movimiento **de electrones** o **cargas negativas** externamente, desde el polo negativo hacia el polo positivo.

La teoría convencional dice que la corriente es un movimiento de **huecos** o **cargas positivas** externamente desde el punto positivo de la fuente hacia el negativo de la misma. Luego, por las explicaciones anteriores, ambas teorías son ciertas y evidentes.

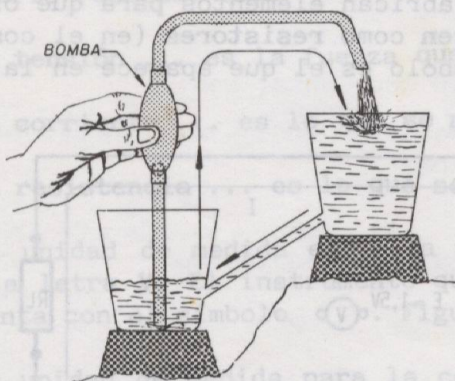
En la práctica, la corriente será representada por una flecha. Por facilidad de explicación, a todo lo largo de este curso emplearemos la teoría electrónica de la corriente, es decir, un fluido o movimiento de electrones. Además, es importante que recuerde que la corriente se representa con la letra **I**.

Tensión Eléctrica

Si usted es observador, notará que el agua es muy abundante en nuestro medio, y que puede hallarse **en forma de reposo** formando lagos o en **movimiento**, formando ríos.

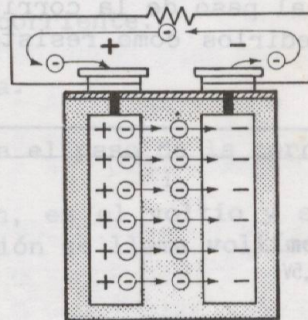
Si el agua está en reposo, es porque allí no existe **desnivel** o **diferencia** de presión atmosférica. Para que el agua se mueva formando una **corriente**, es porque está pasando de un nivel **alto** a uno **bajo**, es decir, aprovecha la **diferencia** de niveles o presión atmosférica. Figura 2-6a.

En la electricidad sucede un fenómeno análogo. Para crear un movimiento de electrones, es necesario que en la fuente de energía haya una diferencia de potencial (d.d.p) o simplemente una **tensión eléctrica**. De otro modo, es necesario que los dos polos o bornes de la fuente (en nuestro caso la pila) tengan diferentes cargas, una positiva y la otra negativa.



La mano actúa sobre la bomba para mantener la diferencia de presión.

2-6a



Mientras haya reacción química, se mantiene la diferencia de potencial entre los electrodos.

2-6b

Cuando así sucede, los electrones del polo negativo de la fuente salen y circulan por el circuito, atraídos por los protones o cargas positivas del otro polo. Este movimiento de electrones será continuo mientras permanezca la diferencia de potencial en los extremos de la fuente. Figura 2-6b.

Si después de cierto tiempo, la pila **se agota** (se descarga), la diferencia de potencial en sus extremos es cero o nula y los electrones no tienen quién los **impulse** a través del circuito. Luego, para que en un circuito **haya** o **exista** corriente, es necesario que haya o exista una tensión eléctrica o diferencia de potencial en la fuente. Esta tensión eléctrica o diferencia de potencial se representa con la letra **E**.

Resistencia Eléctrica

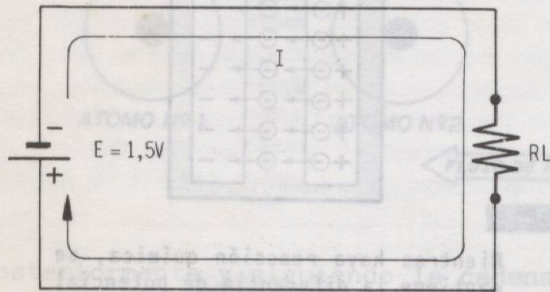
Cuando iniciamos el presente tema de electrónica básica, vimos que existen cuerpos formados por átomos que pueden ser conductores, aislantes o semiconductores. Los elementos mejores conductores son en su orden, el oro, la plata, el cobre y el aluminio.

Así pues, ya habrá observado que tanto en electricidad como en electrónica, los conductores por donde se transporta la corriente están elaborados con base al cobre, por ser el más barato. Externamente, se les coloca un material aislante a base de caucho o plástico para evitar el escape de la corriente, un cortocircuito o un choque al usuario.

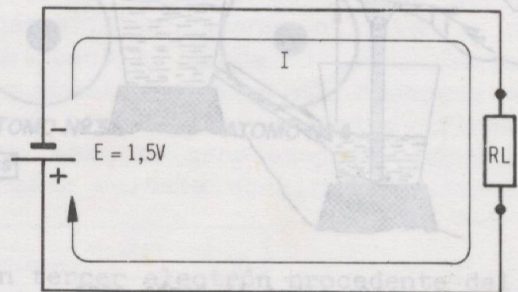
Por el contrario, existen otros elementos tales como el hierro, el níquel, el cadmio, el tungsteno, el cromo, etc, que son malos conductores de la electricidad y se emplean solos o **aleados** entre sí para fabricar unidades calefactoras en las estufas eléctricas y resistores bobinados de potencia en electrónica.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que mientras un conductor **facilita** el paso de la corriente en un circuito, los malos conductores **se oponen** al paso de ésta. El fenómeno de que un elemento o un cuerpo se opongan al paso de la corriente es conocido como **resistencia eléctrica** y se representa con la letra **R**.

En electrónica, veremos más adelante que se fabrican elementos para que ofrezcan oposición al paso de la corriente y se **conocen** como **resistores** (en el comercio hay que pedirlos como resistencias). Su símbolo es el que aparece en la figura 2-7a.



2-7a



2-7b

No olvide que para evitar el estar dibujando en el circuito la forma complicada de un receptor, este casi siempre se reemplaza por el símbolo del resistor ($\text{---}\text{W}\text{---}$). Todo receptor es para una fuente **una carga** y se le suele conocer como **RL** (iniciales de Resistor Load en inglés). Luego el símbolo ($\text{---}\text{W}\text{---}$) puede estar asociado con **receptor**, **resistor**, **resistencia** o **una carga**. Figuras 2-7a y 2-7b.

Los anteriores conceptos de conductor y resistencias son relativos. No existe un conductor perfecto ni algo que se oponga totalmente al paso de la corriente. Todo conductor presenta algo de resistencia al paso de la corriente por bueno que éste sea. En la tabla siguiente se dan algunos coeficientes de resistividad de algunos elementos y es bueno que los conozca así sea a título informativo. Figura 2-8.

Metales Puros	$\rho = \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Aluminio	0,026
Cobre	0,016
Hierro	0,100
Mercurio	0,096
Oro	0,021
Plata	0,015
Plomo	0,022
Aleaciones	$\rho = \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Constantan (Cu60%, Ni 40%)	0,49
Cromo-Niquel (Cr15%, Ni 60% y Fe25%)	1,12
Ferro-Niquel (Fe75%, Ni 25%)	0,80
Latón (Cu70%, Zn30%)	0,06-0,08

El coeficiente de resistividad (ρ) es la resistencia específica que presenta un metal conductor, con una longitud de 1 metro y una sección transversal o área de 1 mm^2 .

$$\rho = \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

2-8

Unidades de Medida

Como ya nos hemos familiarizado con el circuito eléctrico, con las magnitudes o cantidades que intervienen en él, veamos ahora cuales son las unidades de medida empleadas para cuantificar dichas magnitudes. Sin embargo, antes de ello es necesario recordar que:

La tensión ... es la fuerza que impulsa a la corriente.

La corriente ... es lo que se mueve o desplaza.

La resistencia ... es lo que se opone o limita el paso de la corriente.

La unidad de medida empleada para la tensión, es el **voltio** y se representa con la letra **V**. El instrumento que mide la tensión se llama **voltímetro** y se representa con el símbolo V . Figura 2-9.

La unidad de medida para la corriente, es el **Amperio** y se representa con la letra **A**. El instrumento que mide la corriente se llama **Amperímetro** y se representa con el símbolo A .

Finalmente, la unidad de medida para la resistencia, es el **Ohmio** y se representa con la letra griega **Omega** Ω . El instrumento que mide la resistencia se llama **Ohmetro** y algunos le dicen **Ohmímetro** y se representa con el símbolo Ω .

Si es observador, notará que todo instrumento de medida tiene la terminación **metro** después de la unidad. La palabra **metro** significa entonces **medida**.

CUADRO RESUMEN					
Magnitud	Símbolo	Unidad	Símbolo	Instrumento	Símbolo
Tensión	E	Voltio	V	Voltímetro	V
Corriente	I	Amperio	A	Amperímetro	A
Resistencia	R	Ohmio	Ω	Ohmetro	Ω

2-9

Múltiplos de las Unidades

- Los múltiplos para la unidad de medida de la tensión, son:

KiloVoltio = KV = 1×10^3 voltios = 1000V

MegaVoltio = MV = 1×10^6 voltios = 1000.000V

GigaVoltio = GV = 1×10^9 voltios = 1000.000.000V

- Los múltiplos para la unidad de medida de la corriente, son:

KiloAmperio = KA = 1×10^3 Amperios = 1000A

MegaAmperio = MA = 1×10^6 Amperios = 1000.000A

GigaAmperio = GA = 1×10^9 Amperios = 1000.000.000A

- Los múltiplos para la unidad de medida de la resistencia, son:

Kiloohmio = K Ω = 1×10^3 Ohmios = 1000 ohmios

Megaohmio = M Ω = 1×10^6 Ohmios = 1000.000 ohmios

Gigaohmio = G Ω = 1×10^9 Ohmios = 1000.000.000 ohmios

Terraohmio = T Ω = 1×10^{12} ohmios = 1000.000.000.000 ohmios

Submúltiplos de las Unidades

- Los submúltiplos para la unidad de medida de la tensión, son:

$$\text{nanoVoltio} = \text{nV} = 1 \times 10^{-9} \text{ V} = 0.000000001 \text{ Voltios}$$

$$\text{microVoltio} = \text{uV} = 1 \times 10^{-6} \text{ V} = 0.000001 \text{ Voltios}$$

$$\text{miliVoltio} = \text{mV} = 1 \times 10^{-3} \text{ V} = 0.001 \text{ Voltios}$$

- Los submúltiplos para la unidad de medida de la corriente, son:

$$\text{nanoAmperio} = \text{nA} = 1 \times 10^{-9} \text{ A} = 0.000000001 \text{ Amperios}$$

$$\text{microAmperio} = \text{uA} = 1 \times 10^{-6} \text{ A} = 0.000001 \text{ Amperios}$$

$$\text{miliAmperio} = \text{mA} = 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.001 \text{ Amperios}$$

- Los submúltiplos para la unidad de medida de la resistencia, son:

$$\text{miliOhmio} = \text{m}\Omega = 1 \times 10^{-3} \Omega = 0.001 \text{ Ohmios}$$

$$\text{microOhmio} = \text{u}\Omega = 1 \times 10^{-6} \Omega = 0.000001 \text{ Ohmios}$$

Conversión entre Unidades, Múltiplos y Submúltiplos

Cuando se pasa de unidades a submúltiplos, el resultado **obtenido** es una multiplicación por mil o por un millón o más, es decir, esto es equivalente a multiplicar por 10^3 o por 1×10^6 o más.

Para los principiantes que poseen bajo nivel matemático, multiplicar por 10^3 es agregar al entero tres (3) ceros y por 10^6 , agregar seis (6) ceros. Cuando existen fracciones decimales, es correr la coma 3 o 6 lugares a la derecha. Veamos unos ejemplos:

$$25 \times 10^3 = 25.000$$

$$25 \times 10^6 = 25.000.000$$

$$2,45 \times 10^3 = 2450$$

$$2,45 \times 10^6 = 2.450.000$$

$$0,25 \times 10^3 = 250$$

$$0,25 \times 10^6 = 250.000$$

Cuando se pasa de submúltiplos a unidades, el resultado es menor. Realmente, se está dividiendo por mil (1000), por un millón (1.000.000) o más, es decir, se multiplica por potencias con exponentes negativos, tales como por 10^{-3} , 10^{-6} , 10^{-9} , 10^{-12} , etc.

$$\frac{25}{1000} = 25 \times 10^{-3}$$

$$\frac{25}{1.000.000} = 25 \times 10^{-6}$$

Para los estudiantes con precarios conocimientos matemáticos, multiplicar por potencias con exponentes negativos, equivale a correr la coma imaginaria en los enteros a la izquierda tantas veces como el exponente negativo lo indique. Esto también es válido para los números con fracciones decimales.

$$25 \times 10^{-3} = 0,025$$

$$25 \times 10^{-6} = 0,000025$$

$$25 \times 10^{-9} = 0,000000025$$

$$2,45 \times 10^{-3} = 0,00245$$

$$2,45 \times 10^{-6} = 0,00000245$$

$$2,45 \times 10^{-9} = 0,00000000245$$

Ejemplos de Conversión para Tensión

Convertir 10V a:

- KV
- MV
- mV
- uV

1º Paso

$$1V = 1 \times 10^{-3} KV$$

$$10V = 10 \times 10^{-3} KV = 0,010 KV$$

2º Paso

$$1V = 1 \times 10^{-6} MV$$

$$10V = 10 \times 10^{-6} MV = 0,000010 MV$$

3º Paso

$$1V = 1 \times 10^3 mV$$

$$10V = 10 \times 10^3 mV = 10.000 mV$$

4º Paso

$$1V = 1 \times 10^6 uV$$

$$10V = 10 \times 10^6 uV = 10.000.000 uV$$

Convertir 5 KV a:

- V
- mV
- uV
- MV

1º Paso

$$1KV = 1 \times 10^3 V$$

$$5KV = 5 \times 10^3 V = 5.000 V$$

2º Paso

$$1KV = 1 \times 10^6 mV$$

$$5KV = 5 \times 10^6 mV = 5.000.000 mV$$

3º Paso

$$1KV = 1 \times 10^9 uV$$

$$5KV = 5 \times 10^9 uV = 5.000.000.000 uV$$

4º Paso

$$1KV = 1 \times 10^{-3} MV$$

$$5KV = 5 \times 10^{-3} MV = 0,005 MV$$

Convertir 325 uV a:

- V
- KV
- mV
- MV

1º Paso

$$1uV = 1 \times 10^{-6} V$$

$$325uV = 325 \times 10^{-6} V = 0,000325 V$$

2º Paso

$$1uV = 1 \times 10^{-9} KV$$

$$325uV = 325 \times 10^{-9} KV = 0,000000325 KV$$

3º Paso

$$1uV = 1 \times 10^{-3} mV$$

$$325uV = 325 \times 10^{-3} mV = 0,325 mV$$

4º Paso

$$1uV = 1 \times 10^{-12} MV$$

$$325uV = 325 \times 10^{-12} MV = 0,000000000325 MV$$

Ejemplos de Conversión para Corriente

Convertir 2A a:

- mA
- uA
- KA

1º Paso

$$1A = 1 \times 10^3 mA$$

$$2A = 2 \times 10^3 mA = 2.000 mA$$

2º Paso

$$1A = 1 \times 10^6 uA$$

$$2A = 2 \times 10^6 uA = 2.000.000 uA$$

3º Paso

$$1A = 1 \times 10^{-3} KA$$

$$2A = 2 \times 10^{-3} KA = 0,002 KA$$

Convertir 0,5 KA a:

- A
- mA
- uA

1º Paso

$$1KA = 1 \times 10^3 A$$

$$0,5KA = 0,5 \times 10^3 A = 500 A$$

2º Paso

$$1KA = 1 \times 10^6 mA$$

$$0,5KA = 0,5 \times 10^6 mA = 500.000 mA$$

3º Paso

$$1KA = 1 \times 10^9 uA$$

$$0,5KA = 0,5 \times 10^9 uA = 500.000.000 uA$$

Convertir 30 mA a:

- uA
- A
- KA

1º Paso

$$1mA = 1 \times 10^3 uA$$

$$30mA = 30 \times 10^3 uA = 30.000 uA$$

2º Paso

$$1mA = 1 \times 10^{-3} A$$

$$30mA = 30 \times 10^{-3} A = 0,030 A$$

3º Paso

$$1mA = 1 \times 10^{-6} KA$$

$$30mA = 30 \times 10^{-6} KA = 0,000030 KA$$

Ejemplo de Conversión para Resistencia

Convertir 390Ω a:

- KΩ
- MΩ

1º Paso

$$1Ω = 1 \times 10^{-3} KΩ$$

$$390Ω = 390 \times 10^{-3} KΩ = 0,390 KΩ$$

2º Paso

$$1Ω = 1 \times 10^{-6} MΩ$$

$$390Ω = 390 \times 10^{-6} MΩ = 0,000390 MΩ$$

Convertir 680 K Ω a:

- Ω
- M Ω
- G Ω

1º Paso

$$1\text{K}\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$$

$$680\text{K}\Omega = 680 \times 10^3 \Omega = 680.000 \Omega$$

2º Paso

$$1\text{K}\Omega = 1 \times 10^{-3} \text{M}\Omega$$

$$680\text{K}\Omega = 680 \times 10^{-3} \text{M}\Omega = 0,680 \text{M}\Omega$$

3º Paso

$$1\text{K}\Omega = 1 \times 10^{-6} \text{G}\Omega$$

$$680\text{K}\Omega = 680 \times 10^{-6} \text{G}\Omega = 0,000680 \text{G}\Omega$$

Convertir 1230 Ω a:

- K Ω
- M Ω
- G Ω

1º Paso

$$1\Omega = 1 \times 10^{-3} \text{K}\Omega$$

$$1230\Omega = 1230 \times 10^{-3} \text{K}\Omega = 1,230 \text{K}\Omega$$

2º Paso

$$1\Omega = 1 \times 10^{-6} \text{M}\Omega$$

$$1230\Omega = 1230 \times 10^{-6} \text{M}\Omega = 0,001230 \text{M}\Omega$$

3º Paso

$$1\Omega = 1 \times 10^{-9} \text{G}\Omega$$

$$1230\Omega = 1230 \times 10^{-9} \text{G}\Omega = 0,000001230 \text{G}\Omega$$

La Ley de Ohm

Conocidos todos los aspectos de un circuito, tales como qué es una fuente de energía, qué es un receptor, qué es un conductor, veremos a continuación las relaciones que existen entre las principales magnitudes que lo rigen como son, la tensión, la corriente y la resistencia.

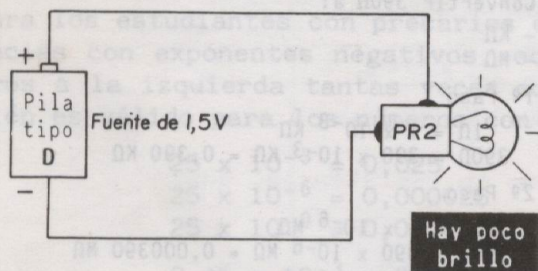
Un estudioso francés de apellido **OHM**, fué quien descubrió y estableció el siguiente principio:

En cualquier circuito eléctrico, la corriente que fluye por él, es directamente proporcional a la tensión aplicada o:

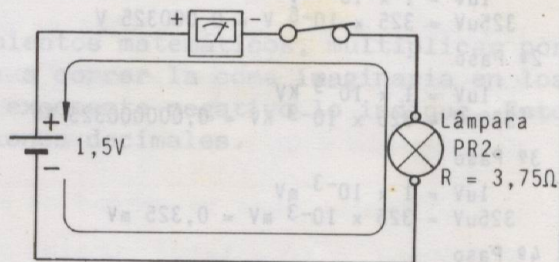
$$\text{Corriente} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}} \quad \text{o} \quad I = \frac{E}{R}$$

Este principio se convirtió en **ley** en homenaje a su apellido. Para comprobar este principio o ley, podemos hacer tres (3) montajes, empleando para ello dos pilas de linterna tamaño D (la más grande) cada una de 1,5 voltios y dos bombillas, también para linterna de referencia PR2 (de Varta) cada una de 2,4V. La resistencia de cada bombilla (filamento) es de 3,75 Ω . De acuerdo a la figura 2-10b, esquema de la figura 2-10a, la corriente es:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1,5\text{V}}{3,75\Omega} = 0,4\text{A} \text{ ó } 400\text{mA}$$



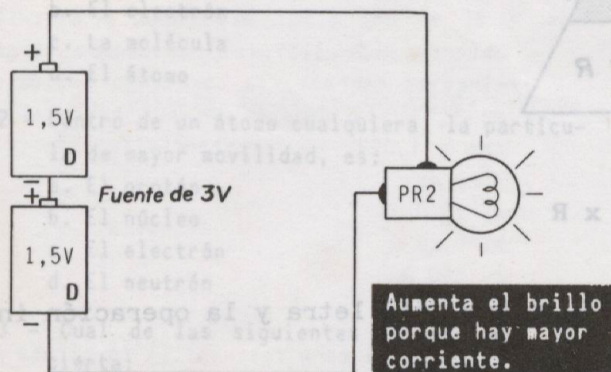
2-10a



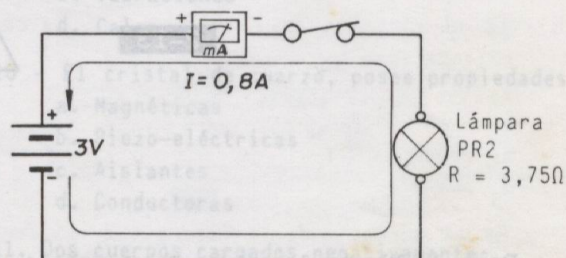
2-10b

Para hacer el montaje de la figura 2-11, conectamos dos pilas en serie y obtenemos una fuente de 3V. Empleamos la misma bombilla de linterna de 2,4V. Al cerrar el interruptor, vemos que el brillo de la bombilla es ahora mayor. Luego se concluye que a mayor tensión aplicada a una misma resistencia (el filamento de la bombilla), la corriente **se incrementa**. La corriente ahora es:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{3V}{3,75\Omega} = 0,8A = 800 \text{ mA}$$



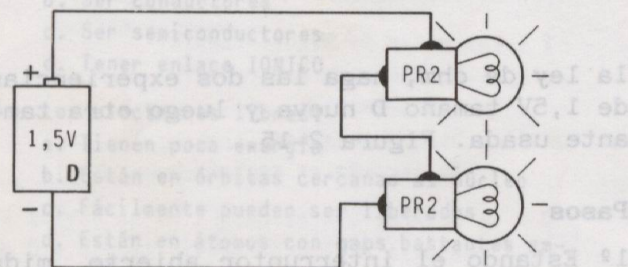
2-11a



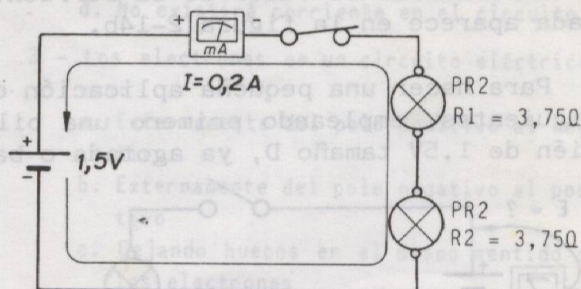
2-11b

Ahora hacemos el montaje de la figura 2-12. En este caso colocamos dos bombillas en serie y como cada una presenta una resistencia de $3,75\Omega$, su suma es de $7,5\Omega$. Al cerrar el interruptor, la corriente a través de la bombilla es menor (menos brillo en las mismas), su valor será:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{1,5V}{7,5\Omega} = 0,2A \text{ ó } 200\text{mA}$$



2-12a

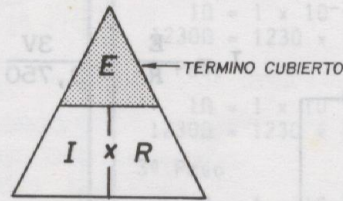


2-12b

Para este caso, se comprueba que para una tensión **constante**, la corriente es **inversamente** proporcional a la resistencia del circuito. Además, **comprueba** que las pilas se pueden conectar en serie, **aumentando** la tensión. Que los receptores se pueden conectar **en serie**, **aumentando** la resistencia del circuito.

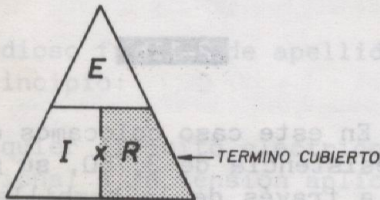
Por una simple deducción matemática, se pueden hallar otras dos fórmulas, una para la **tensión** y otra para la **corriente**. Si sus conocimientos matemáticos son precarios, realice la siguiente operación:

Con un dedo "cubra" el término que desea hallar, por ejemplo E. La operación indicada aparece en la figura 2-13.



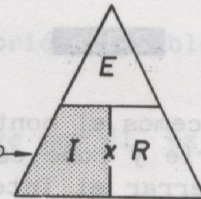
$$E = I \times R$$

Para hallar el valor de la resistencia R, cubra esta letra y la operación indicada aparece en la figura 2-14a.



$$R = \frac{E}{I}$$

2-14a

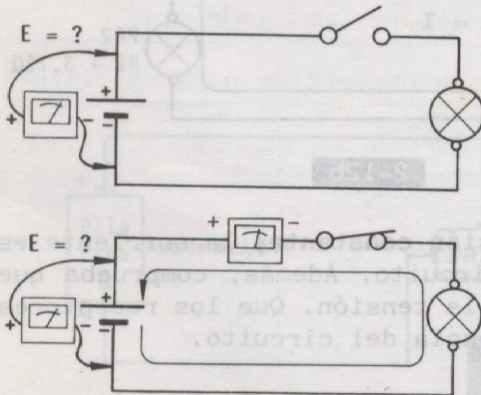


$$I = \frac{E}{R}$$

2-14b

Para hallar el valor de la corriente I, cubra la letra I, y la operación indicada aparece en la figura 2-14b.

Para hacer una pequeña aplicación de la ley de ohm, haga las dos experiencias siguientes, empleando primero una pila de 1,5V tamaño D nueva y luego otra también de 1,5V tamaño D, ya agotada o bastante usada. Figura 2-15.



2-15

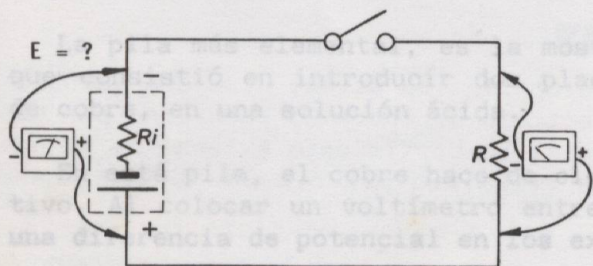
Pasos

- 1º Estando el interruptor abierto, mida la tensión en los extremos de la pila. Observe bien la polaridad del instrumento. Anote en un papel el valor.
- 2º Cierre el interruptor y mida de nuevo la tensión de los extremos de la pila y al mismo tiempo la corriente del circuito.

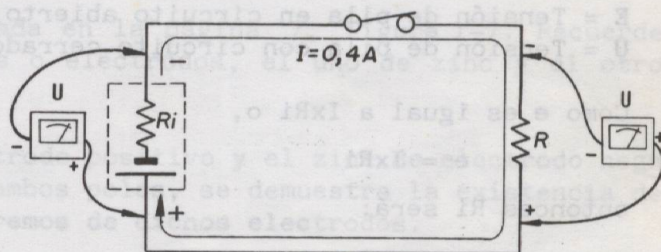
La pila mide estando nueva entre 1,5 y 1,6V. Este es el valor que debe leer el voltímetro cuando el interruptor S1, esté abierto. Esta tensión será llamada fuerza electromotriz o **E**. Al cerrarlo, la tensión en la pila se debe **caer**, cerca a 1,5V (si tenía 1,6V nueva). La corriente que registra el miliamperímetro es de unos 0,4A (400mA). Porqué se cayó la tensión de la pila, tan pronto se colocó una carga o receptor?. La explicación es más o menos sencilla.

Cuando el circuito está abierto, no hay circulación de corriente, ésta es cero. Al cerrar el interruptor, circula corriente por el circuito. Figura 2-16a.

Toda fuente de energía (cualquiera que ésta sea) posee **Resistencia interna** (R_i). Al circular corriente por la pila, de acuerdo a la ley de ohm, se produce una **caída de tensión** (e) igual a $R_i \times I$. Esta caída de tensión dentro de la pila, **se opone** a la tensión que hay en los bornes de la pila, cuando está sin carga (circuito abierto) llamada Fuerza Electromotriz, simbolizada por la letra **E**. Figura 2-16b.



2-16a



2-16b

Si asumimos como 1,6V la tensión en la pila cuando está sin carga o el circuito abierto y una resistencia interna (R_i) de $0,25\Omega$, al cerrar el interruptor, la corriente en el circuito será:

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_i + R} = \frac{1,6V}{4\Omega} = 0,4A$$

La caída de tensión (e) dentro de la pila debido a la resistencia interna (R_i) será:

$$e = R_i \times I = 0,25\Omega \times 0,4A = 0,1V$$

La tensión en los extremos de la pila o en los extremos del receptor (la bombilla representada por una resistencia) es llamada **diferencia de potencial** (U) y será:

$$U = R \times I = 3,75\Omega \times 0,4A = 1,5V$$

Como la caída de tensión (e) dentro de la resistencia interna de la pila (R_i) **se opone** a la tensión en los bornes de la pila. La tensión para el receptor que es la misma de la pila cuando el interruptor está cerrado, se puede hallar así:

$$U = E - e = 1,6V - 0,1V = 1,5V$$

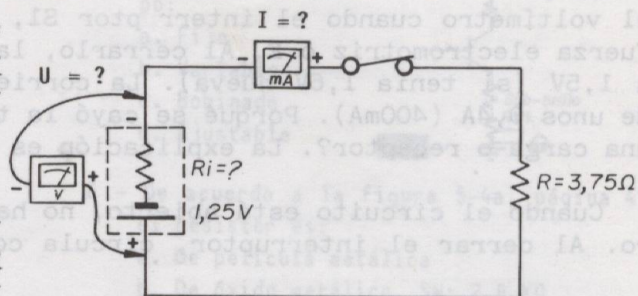
Para el segundo experimento con una pila agotada, es decir, que mida menos de 1,5V (por ejemplo 1,2V o menos) emplee el circuito de la figura 2-17.

1º Paso

Mida la tensión entre los bornes de la pila cuando el circuito está abierto y anótelo como E o fuerza electromotriz.

2º Paso

Cierre el interruptor y mida la tensión en los extremos de la pila y anótelo como U o diferencia de potencial. Al mismo tiempo anote el valor de la corriente que marca el miliamperímetro.



2-17

La caída de tensión (e) en la resistencia interna de la pila será:

$$e = E - U$$

E = Tensión de pila en circuito abierto

U = Tensión de pila con circuito cerrado

Como e es igual a $I \times R_i$ o,

$$e = I \times R_i$$

entonces R_i será:

$$R_i = \frac{e}{I}$$

Si hace todas las mediciones correctas, hallará que la Resistencia interna (R_i) de una pila agotada es **mucho mayor** que la de una nueva. Esta mayor R_i será la que **se opone** a que la pila **entregue su energía** al receptor.

NOTA:

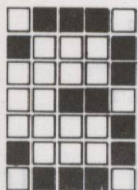
A partir de este momento, se seguirá empleando la letra V para representar la tensión que existe entre los bornes de una pila o una fuente, sin interés que ésta tenga o no resistencia interna. Realmente, la letra V es la unidad de tensión, pero por **degeneración** se ha ido empleando en lugar de E o U , en todos los textos de electrónica de origen Norte Americano. Como ellos son los dueños de la tecnología, debemos pues acostumbrarnos a su empleo en la ley de ohm. Así:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = IR$$

Serán las fórmulas más usuales que hallaremos y aplicaremos como principiantes, aficionados o futuros técnicos en el maravilloso mundo de la electrónica.



PILAS Y ACUMULADORES

Dentro de las seis (6) formas que vimos para generar electricidad, está el segundo método más empleado que es el de "las reacciones químicas". Utilizando este principio, se construyen las famosas pilas y los acumuladores.

La pila más elemental, es la mostrada en la página 7, figura 1-7. Recuerde que consistió en introducir dos placas o electrodos, el uno de zinc y el otro de cobre, en una solución ácida.

En esta pila, el cobre hace de electrodo positivo y el zinc de electrodo negativo. Al colocar un voltímetro entre ambos polos, se demuestra la existencia de una diferencia de potencial en los extremos de dichos electrodos.



- 1 - Pila tipo D de 1,5V
- 2 - Pila tipo C de 1,5V
- 3 - Pila tipo doble AA de 1,5V.

- 1 - Pila tipo D de 1,5V
- 2 - Pila tipo C de 1,5V
- 3 - Pila tipo doble AA de 1,5V.
- 4 - Pila tipo cuadrada de 9V.

- 5 - Disposición interna de la pila de 9V.
- 6 - Pilas de litio tipo botón de 1,35V.

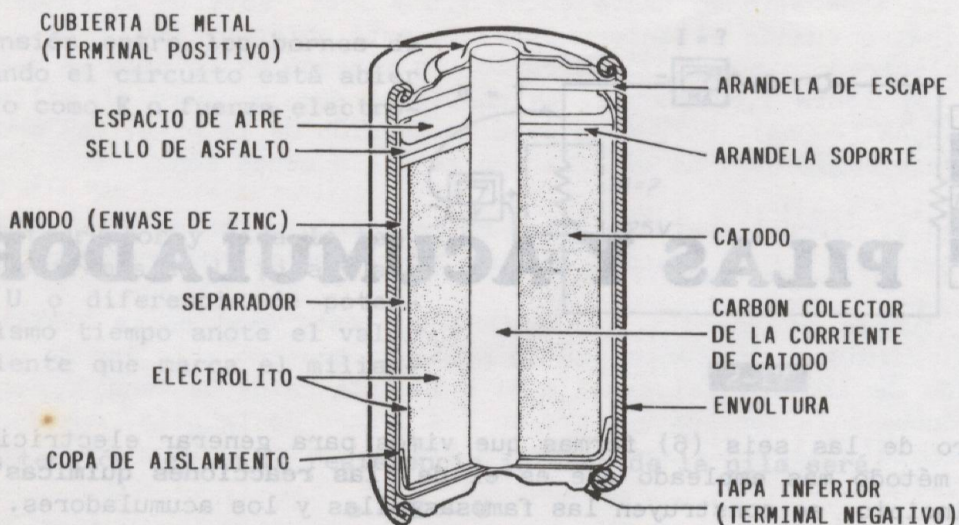
Si colocamos una pequeña carga entre ambos electrodos, por ejemplo un resistor en serie con un micro-amperímetro, se observaría que después de cierto tiempo la corriente comienza a disminuir y que el polo positivo, la placa de cobre, se llena de burbujas. La pila se ha polarizado.

Para reactivar la pila, basta con quitar o limpiar las burbujas y ésta es reactivada y el micro-amperímetro marca de nuevo paso de corriente.

Para obviar lo anterior, alrededor del polo positivo se coloca una **espuma** de caucho y esta absorbe las burbujas, permitiendo incrementar el funcionamiento de la misma, despolarizandola automáticamente.

La Pila Seca

Una versión mejorada de la anterior pila fué posteriormente diseñada por un estudioso de apellido **Leclanché**. Figura 3-1.



3-1

El Señor **Leclanché** en lugar de una solución líquida ácida, hizo una solución **pastosa** a base de cloruro de amonio. El electrodo de cobre lo reemplazó por uno de carbón. Además, la placa de zinc la forma el compartimiento externo de la pila. La espuma que absorbe las burbujas, la reemplazó por bióxido de manganeso (MnO_2).

Como el electrólito o solución ácida es el cloruro de amonio ($ClNH_4$) disuelto en el agua, la reacción formada es la **separación** de la solución en dos compo-nentes, el **cloro** y el **amonio** los que son llamados **IONES**, por tener cada elemento un electrón más o un electrón menos.

Los **IONES** del cloro, se van hacia el zinc y lo cargan negativamente, formando cloruro de zinc. los **IONES** de amonio (NH_4) se van hacia el carbón donde se descomponen a su vez en amoníaco (NH_3) e hidrógeno y cargan positivamente a dicho electrodo.

Como los iones de amonio se descomponen en amoníaco e hidrógeno, éste último es el que forma burbujas alrededor del carbón y tienden a polarizarlo. Sin embargo, esta acción es neutralizada en alto grado por el bióxido de manganeso depositado alrededor del carbón.

Es de anotar, que el electrodo de carbón no entra a formar parte de las reacciones químicas, solamente sirve de electrodo y no se descompone. No sucede lo mismo con el electrodo de zinc. El zinc al reaccionar con el cloro, se va carcomiendo y al final, es disuelto.

Cuando lo anterior sucede, es imposible "recuperar" la acción de la pila, ésta se agota. Con el tiempo, es clásico ver que la solución pastosa daña el empaque de cartón y escapa. La **vida útil** de la pila ha terminado. De ahí el nombre que se le da de pila primaria ya que **no es** recargable, ni aún como hacen algunos metiéndola a la nevera o echándole orines.

Actualmente, las pilas secas tipo **Leclanché** se hallan en varias versiones:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| - Tipo D la más grande 1,5V | - Tipo AA la pequeña 1,5V |
| - Tipo C la mediana 1,5V | - Tipo cuadrada 9V |

NOTA: Realmente, cuando se habla de una pila, se entiende que tiene una celda o compartimiento y que la tensión que ésta suministra en sus polos es de 1,5V.

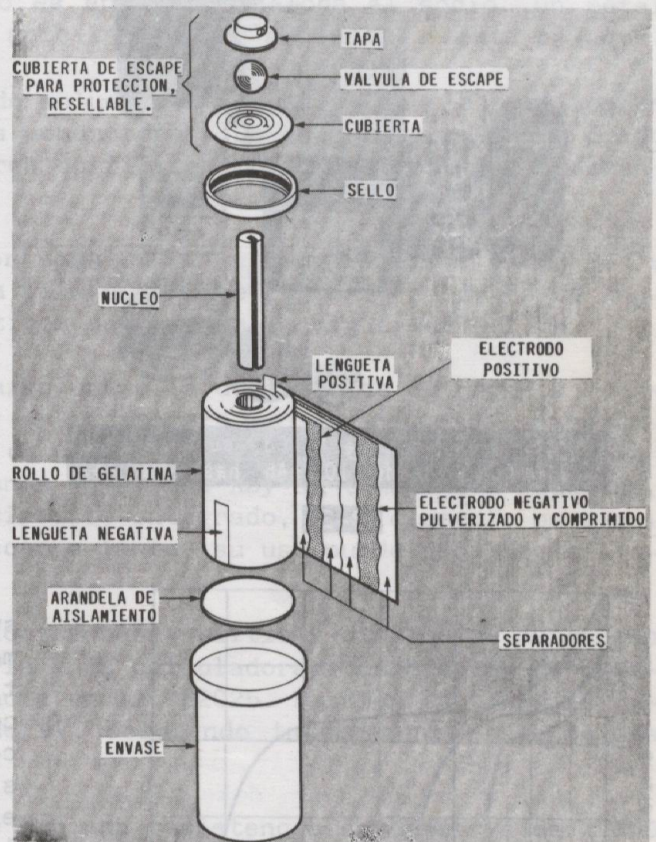
Existen en el comercio pilas de tipo **cuadrado** de 9V. Realmente esta pila está conformada por seis (6) pilas o celdas conectadas internamente en serie suministrando por lo tanto: $1,5V \times 6V = 9V$.

Pilas de Níquel-Cadmio

Dentro del grupo de pilas recargables, se tienen las construidas en base a níquel y cadmio y conocidas como "Niçads". Para este caso, el electrodo positivo es óxido de níquel (NiO) y el electrodo negativo es de cadmio (Cd). El electrolito es el hidróxido de potasio (KOH) que es un material **altamente** caústico.

Existen muchas técnicas de fabricación, pero por lo general los electrodos negativos y positivos son las dos placas de níquel y cadmio **saturadas** del hidróxido de potasio (el electrolito) y **separados** por material aislante, nylon o polipropileno. Figura 3-2.

Las tres capas, las placas y los separadores, formando un sandwich o emparedado, se arrollan sobre sí, dando lugar a la creación de grandes celdas de almacenamiento. Una ventana de seguridad es suministrada para prevenir sobre la posible ruptura de una celda, que pueda ser sometida a un esfuerzo paulatino de presión, por las cargas o descargas extremas en las pilas.



3-2

La operación de carga de una celda **debe** hacerse con una corriente que sea por lo menos la décima parte de la capacidad de corriente máximo en Amperios-HORA de la celda.

Una pila tipo AA tiene una capacidad de 600 mAh (600 miliamperios-hora). Luego la corriente de carga debe ser de 60 mA-hora. Se podría pensar que al cabo de las 10 horas, esta pila esté cargada, pero no es así. Los fabricantes recomiendan someter la pila a un tiempo de carga mayor, 14 o 16 horas, es decir, someterla lentamente a carga a un 40 o 60% más de su capacidad nominal en mAh. No lo olvide.

Para obtener los mismos 600 mAh, se podría someter la pila a una carga rápida, por ejemplo 600 mA durante una hora. Pero **por seguridad** esto no se debe hacer, pues se desarrollarían tensiones de presión interna que podrían dañar la pila.

De acuerdo con la figura 3-5, vemos que el máximo nivel de tensión de una pila de níquel-cadmio es de 1,4V. La pila representada por la gráfica tiene una capacidad de 1 Ah.

Si la sometemos a descarga, colocándole un receptor o un resistor que le exija 300 mA, vemos que al final de 2,5 horas la tensión en sus bornes ha caído a 0,9V y que se ha descargado.

Si la corriente de descarga es menor, por ejemplo 100 mA, la tensión en los bornes al cabo de una (1) hora ha descendido a 1,25V y casi permanece con este valor hasta las 8 horas.



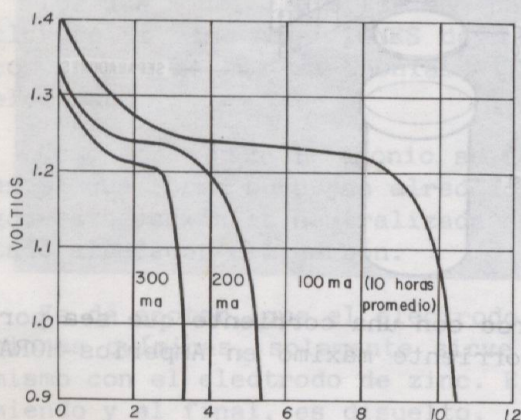
Pilas tipo botón de Ni-Cd. su capacidad nominal va desde 10 mAh hasta 1 Ah.

3-3



Pilas cilíndricas de Ni-Cd. su capacidad nominal varía desde 100 mAh hasta 7 Ah.

3-4



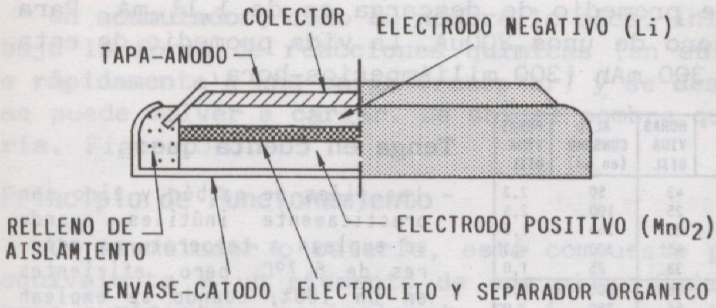
3-5

Al cabo de 10 horas, la tensión en sus bornes cae a 1,1V. A partir de este momento, la descarga de la pila es prácticamente instantánea. Sin embargo, si compara la curva de descarga de 300 mA con la de 100 mA, observará que la tensión dura mucho más tiempo en 1,25V para el segundo caso, o sea el de descarga lenta.

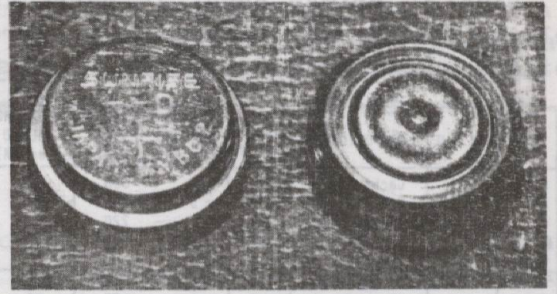
Pilas de Litio (lithium)

Dentro de las pilas de larga duración, se encuentran las fabricadas en base al **litio**. Las pilas de este tipo, entregan de 2,4 a 3,6V por elemento o celda y pueden operar en temperaturas que están entre los -55° y $+70^{\circ}\text{C}$.

Sin embargo, esta pila presenta varias desventajas. Debido a que el **litio** es un material extremadamente reactivo, presentan peligro de explosión por cortocircuitos o sobrecargas de corriente. Sin embargo, lo anterior es minimizado por el tipo de construcción hermético en las pilas tipo botón. Figuras 3-6a y 3-6b.



3-6a



3-6b

Su resistencia interna suele ser muy alta, o entre 30 y 100 veces mayor que las de zinc y carbón. Además, el litio es en forma análoga al sodio, un metal alcalino que reacciona **generando** calor ante la humedad ambiental y ante el agua.

Para obviar lo anterior, en lugar de soluciones acuosas, los electrolitos se fabrican con base en disolventes y sales conductoras. De hecho, la anterior disposición hace que las baterías suministren corrientes muy reducidas y que presenten altas resistencias internas.

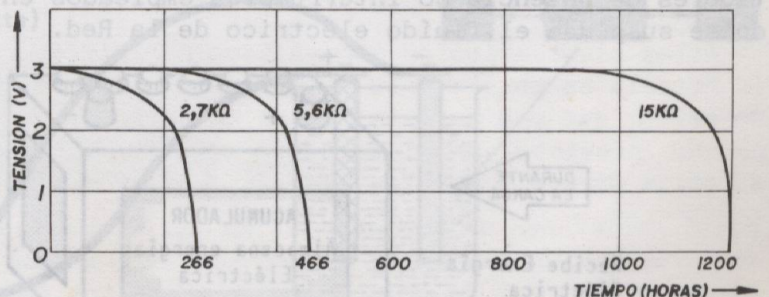
Como las tensiones suministradas por cada celda o elemento está entre 2,4 y 3,6V, **no se puede** intercambiar por una pila normal de carbón y zinc. Es de anotar que la firma VARTA produce varios tipos de 3V, con la sigla VARTA LITH.

En algunos casos, es posible reemplazar una pila de **litio** de 3V por dos secas de carbon y zinc. De hecho, el tamaño de la primera es muy reducido, para que se forme una idea, el máximo diámetro de una pila de litio es de 2,45mm de diámetro, un grosor de 3mm y un peso de unos 4gms. Las hay de tamaño tan reducido, que ya se han logrado incorporar a un circuito integrado, como elemento para alimentar memorias tipo C-MOS. Con una descarga lenta, su uso puede fácilmente llegar a los cinco (5) años de servicio.

La compañía SANYO produce una versión con base en litio y dióxido de manganeso (MnO_2). Se emplea en circuitos de memoria y en calculadoras con display de cristal líquido. Suministra 3V y su referencia es la CR2025. Existen también las pilas de litio en la versión cuadrada de 9V, colocando internamente tres celdas en serie.

De la figura 3-7, se desprende que con una resistencia de descarga de 2.700 ohmios, la pila de litio puede durar unas 266 horas y al final de este tiempo tiene en sus bornes unos 2V.

De igual modo, si la resistencia de descarga es mayor, unos 5.600 ohm, la duración de la pila es de unas 466 horas y la tensión al final de este tiempo, de unos 2V. Finalmente, con una resistencia de descarga de unos 15 Kilo-Ohmios, la duración puede llegar a unas 1200 horas y la tensión estará cercana a unos 2V.



3-7

Para el primer caso, la corriente promedio de descarga es de 1,11 mA. Para el segundo de 535 uA y para el tercero de unos 200uA. La vida promedio de esta pila de referencia CR2430 es de unos 300 mAh (300 miliAmperios-hora).

TIPO	VOLTAJE	COMPOSICION	PESO (onzas)	BAJO CONSUMO (en mA)	HORAS VIDA UTIL	CONSUMO MEDIO (en mA)	HORAS VIDA UTIL	ALTO CONSUMO (en mA)	HORAS VIDA UTIL
AAA	1,5	Carbón-cinc	0,3	2	300	10	43	50	2,3
AA	1,5	Carbón-cinc	0,52	5	240	30	25	100	2,5
C	1,5	Carbón-cinc	1,5	10	220	50	20	250	1,5
D	1,5	Carbón-cinc	3,0	20	260	100	45	300	4,3
9V	9,0	Carbón-cinc	1,5	5	80	10	38	25	1,0
AA	1,5	Clor. de cinc	0,6	5	275	30	38	100	6,0
C	1,5	Clor. de cinc	1,6	10	330	50	56	250	7,0
D	1,5	Clor. de cinc	3,3	20	375	100	65	300	13,0
9V	9,0	Clor. de cinc	1,5	5	94	10	45	25	15,0
AAA	1,5	Alcalina	0,4	2	375	10	73	50	10,0
AA	1,5	Alcalina	0,75	5	340	30	54	100	13,0
C	1,5	Alcalina	2,2	10	470	50	90	250	13,0
D	1,5	Alcalina	4,5	20	470	100	91	300	29,0
9V	9,0	Alcalina	1,6	10	52	30	17	60	8,0
A76	1,5	Alcalina	0,09	0,1	950	1	90	10	8,0
AA	1,4	Mercurio	1,05	5	480	30	80	100	23,0
675	1,4	Mercurio	0,09	0,1	2200	1	215	5	42,0
AA	1,25	Niquel-Cadmio	1,95	5	100	30	17	100	5,0
C-D	1,25	Niquel-Cadmio	2,2	20	60	100	12	300	4,0
509	6,0	Carbón-Cinc	21,5	20	500	150	60	500	10,0
76	1,5	Plata	0,08	0,1	1900	1	190	5	37,0
544	6,0	Plata	0,5	0,1	1900	1	190	5	37,0
303	1,5	Plata	0,09	0,1	1650	1	165	5	32,0
357	1,5	Plata	0,08	0,1	1650	1	190	5	37,0

COMPARACION DE LA VIDA UTIL ENTRE DIFERENTES TIPOS DE PILAS CORTESIA DE "MECANICA POPULAR"

Tenga en cuenta que:

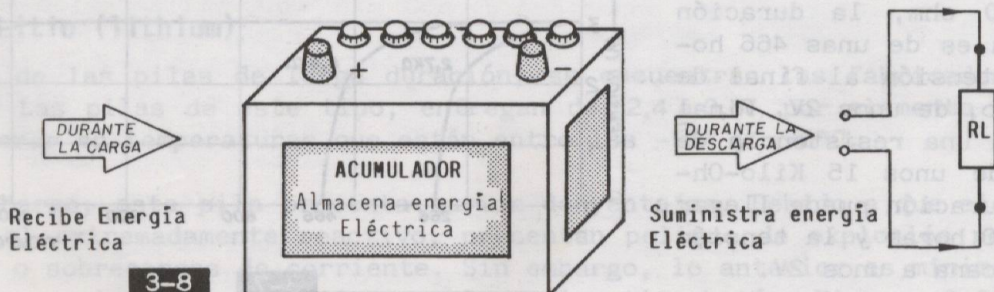
- Las pilas de carbón y cinc son prácticamente inútiles cuando se emplean a temperaturas menores de 6,7°C, pero, eficientes en un 100%, cuando se emplean en una temperatura ambiente de 37°C. Con un consumo alto, su vida útil es baja.
- Las pilas alcalinas rinden cinco (5) veces más que las de cinc y carbón, cuando son sometidas a altos consumos. Además, pueden permanecer cinco (5) años inactivas sin agotarse.
- Tanto las pilas de carbón y cinc, como las alcalinas, se descargan gradualmente. Es decir, su voltaje decrece a medida que se van agotando.

- Las pilas de óxido de plata duran tres (3) veces más que las alcalinas, y la tensión, no decae sino hasta que ésta se haya agotado por completo (son costosas).
- Las pilas de mercurio tienen un rendimiento similar a las de óxido de plata, pero, suministran un voltaje menor, 1,35V a 1,4V.
- Las pilas de níquel-cadmio pueden volverse a cargar unas 1000 veces, e incluso llegan a suministrar, una corriente mayor que las alcalinas.
- La vigencia de una pila de litio es de aproximadamente, 10 años. Es decir, pueden durar inactivas todo ese tiempo, sin agotarse.

El Acumulador

Las pilas primarias son elementos que convierten la energía **almacenada** en ellas bajo la forma de **reacciones químicas** en energía eléctrica. Este fenómeno **no es reversible**, es decir, luego de agotadas (el zinc se ha disuelto) **no se pueden volver a cargar**, son **desechables**, exceptuando claro está, las de **níquel-cadmio** y las de **litio**.

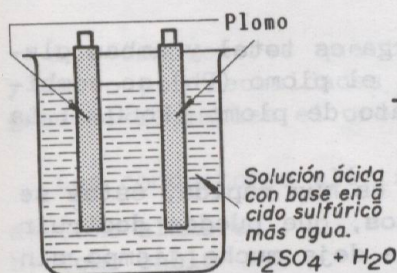
Analizaremos ahora otro tipo de generador de energía, la **batería** o **acumulador**, ampliamente utilizada hoy en día en los vehículos automotores para el encendido, en los **inversores** (convertidores de DC o AC), en aviones y en UPS o **convertidores de potencia** no interrumpida empleados en los modernos computadores cuando se suspende el fluido eléctrico de la Red.



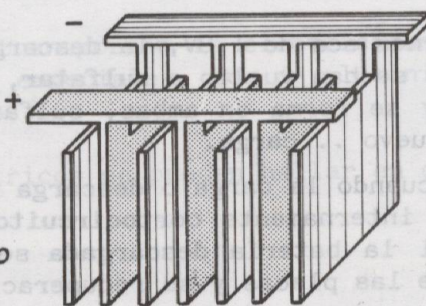
Un **acumulador**, como su nombre lo dice, inicialmente **acumula** energía eléctrica bajo la forma de **reacciones químicas** (en su interior). Luego, la entrega **lenta** o **rápidamente** a una **carga** (receptor) y se **descarga**. Sin embargo, este acumulador se puede **volver a cargar**. De ahí el nombre que se le da de pila o **celda secundaria**. Figura 3-8.

Principio de Funcionamiento

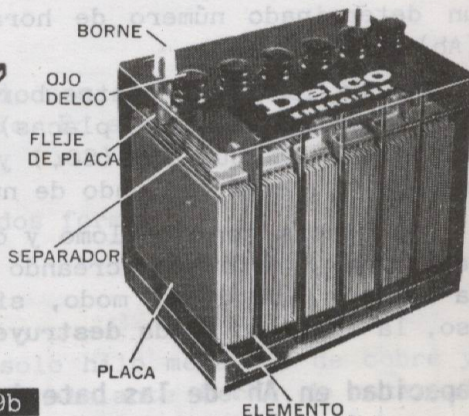
Un acumulador o batería, está compuesto por 3, 6, 12 o más celdas, cada una equivalente a un elemento de una pila. Cada una de las celdas está capacitada para suministrar nominalmente 2V (un poco más de 2,2V plenamente cargada). Como sus celdas se conectan en serie, los acumuladores pueden suministrar 6, 12, 24 o más voltios.



3-9a



3-9b

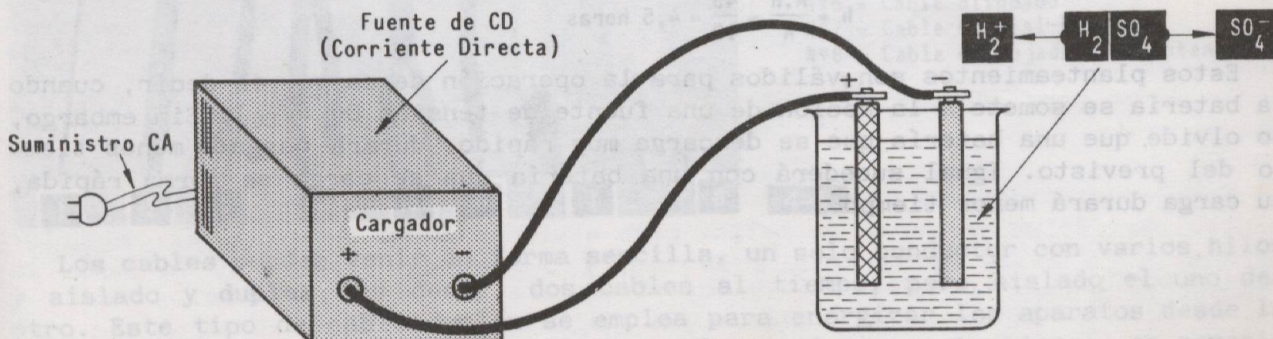


Para facilitar la explicación, analizaremos el comportamiento de una de sus celdas y ésta aparece en la figura 3-9a como un par de placas dentro de un recipiente conteniendo el electrólito. La figura 3-9b muestra un par de bloques, cada uno con varias placas y entrelazadas entre sí, pero separadas por un material aislante. Esta es la situación real.

El electrólito de cada celda, está compuesto por ácido sulfúrico (H_2SO_4) y agua (H_2O). Las placas son de plomo (Pb) y el compartimiento de material aislante, tal como plástico o acetato. Al introducir las placas dentro de la solución ácida o electrólito, estas se sulfatan, pues los **iones** del sulfato SO_4 separados del ácido, se combinan con el plomo y forman sulfato de plomo ($PbSO_4$).

Operación de Carga

La **carga** de la celda consiste en aplicarle energía eléctrica desde una fuente de corriente directa (CD). Al hacerlo, por el fenómeno de Electrólisis, el ácido sulfúrico se descompone en **IONES**. Uno es el ION Sulfato (SO_4) que tiene carga negativa. El otro es el ION Hidrógeno (H_2) con carga positiva. Figura 3-10.



3-10

El ION Sulfato que posee carga negativa es atraído por la placa conectada al polo positivo de la fuente de CD. Esta placa se torna rojiza, se ha convertido en peróxido de plomo (O_2Pb).

El ION Hidrógeno (H_2) es atraído por la placa conectada al polo negativo de la fuente de CD. Esta placa se convierte en plomo esponjoso (Pb). Al final de todo este proceso, la celda está cargada y mide un poco más de 2,2V. Esto sucede de igual modo con las demás celdas de la batería o acumulador.

Proceso de Descarga

Al conectar la batería a un receptor, ella se va **descargando** lentamente en un determinado número de horas, dependiendo de su capacidad en Amperio-horas (Ah).

Cuando la tensión entre bornes sea de 1,8V, la descarga es total y ambas placas (o ambos grupos de placas) se han vuelto a **sulfatar**, el plomo (Pb) se combina con el ION Sulfato (SO_4) y se forma en ambas, sulfato de plomo ($PbSO_4$). La batería ... está pidiendo de nuevo ... **carga**.

Las placas son de plomo y cuando la carga o descarga es muy **rápida**, estas se calientan y **deforman**, creando internamente **cortocircuitos**, que pueden destruir la batería. De igual modo, si la batería **descargada** se deja mucho tiempo sin uso, la solución ácida **destruye** las placas y su recuperación **se torna** imposible.

Capacidad en Ah de las baterías

La capacidad que tiene una batería para **entregar** energía durante la **descarga** o recibirla durante la **carga**, se expresa en Amperios-horas (AH) y esto determina su tamaño. Para entender lo anterior, tomemos el caso de una batería para automóvil de 45 Ah.

$$Ah = \text{Amperios} \times \text{hora}$$

Para determinar el tiempo que emplearía esta batería en descargarse, si la corriente de descarga es de 5A, procedemos así:

$$N^{\circ} \text{ de horas (h)} = \frac{A \cdot h}{A} = \frac{45}{5} = 9 \text{ horas}$$

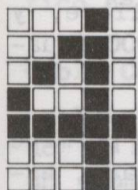
Esta misma batería conectada a un receptor que absorbe una corriente de 0,5A, empleará un tiempo para descargarse de:

$$h = \frac{A \cdot h}{A} = \frac{45}{0,5} = 90 \text{ horas}$$

Finalmente, suponiendo ahora que el régimen de descarga es de 10A, el tiempo empleado para la descarga será:

$$h = \frac{A \cdot h}{A} = \frac{45}{10} = 4,5 \text{ horas}$$

Estos planteamientos son válidos para la operación de carga, es decir, cuando la batería se somete a la acción de una fuente de tensión DC (V_{DC}). Sin embargo, no olvide que una batería que se **descarga** muy rápido, durará **cargada** menos tiempo del previsto. Igual sucederá con una batería que se carga en forma rápida, su carga durará menor tiempo.



CONDUCTORES

Los conductores que transportan la electricidad, son en su mayoría de cobre y salvo por necesidades especiales, son de aluminio. En algunos circuitos integrados, se emplea el oro.

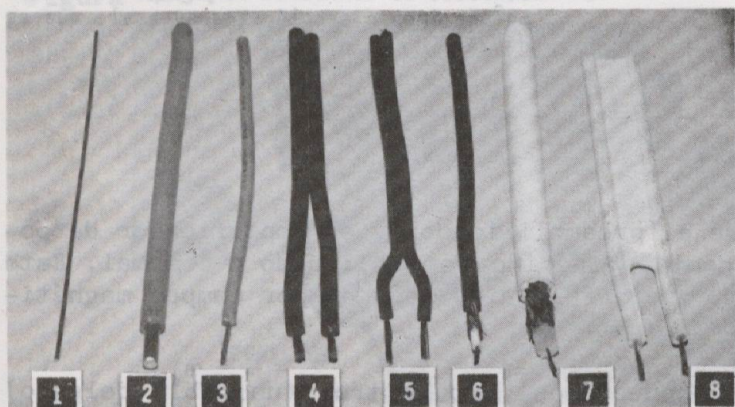
Los conductores eléctricos se pueden hallar en dos formas:

- Como alambre
- Como cable

Los **alambres** son conductores formados por un solo hilo metálico de cobre y que puede estar desnudo o protegido por un material aislante hecho de material plástico, seda, barniz o algodón. Su presentación aparece en la figura 4-1.

Es importante observar que los alambres tienen la desventaja de ser poco flexibles y por lo tanto se utilizan en sitios donde no tengan movimiento y ojalá aislados en material plástico. Donde haya mucho movimiento, éstos se tienden a **romper**. Los alambres recubiertos con barniz, seda o algodón solo se emplean en bobinas para transformadores y motores eléctricos.

Los **cables** son conductores de cobre formados por varios hilos trenzados, figura 4-1. Por ser muy flexibles, se pueden emplear en sitios donde haya mucho movimiento. De igual modo que los **alambres**, el cable viene aislado en material plástico.



- Nº1 = Alambre Esmaltado
- Nº2 = Alambre Aislado
- Nº3 = Cable Sencillo
- Nº4 = Cable Duplex
- Nº5 = Cable Duplex Polarizado
- Nº6 = Cable Blindado
- Nº7 = Cable Coaxial RG59/U
- Nº8 = Cable de Bajada o de Antena

Los cables pueden venir en forma sencilla, un solo conductor con varios hilos y aislado y **duplex**, es decir, dos cables al tiempo, pero aislado el uno del otro. Este tipo de cable duplex se emplea para energizar los aparatos desde la toma de AC (Suministro de Corriente Alterna), en algunas extensiones, en conexiones para parlantes, etc.

Practicamente, todos los conductores de cobre empleados en el ramo de la electrónica, presentan la sección transversal con **forma cilíndrica**. El área de esta sección transversal, se mide o expresa en mm^2 . En el comercio se pueden hallar conductores con áreas que van desde $107,2 \text{ mm}^2$, para el de mayor calibre, y $0,00049 \text{ mm}^2$, para el de menor calibre. El primero es conocido como el 0000 (cuatro ceros) y el último como el N°50.

Para fines informativos, es bueno que usted sepa que mientras el 0000 permite el paso de una corriente algo mayor a 300A, el N°50 por ser el más delgado, escasamente soporta el paso de 1,8mA (1,8 milésimas de Amperio o miliAmperios).

Realmente, en circuitos electrónicos, los calibres de conductores más usados están entre el N°14, para el de mayor área y el N°28, para el más delgado. En la siguiente tabla se incluyen los datos de dieciseis conductores. La 1ª columna corresponde a los calibres, la 2ª al diámetro del conductor desnudo y en mm. La tercera, corresponde al área en mm^2 y la última, corresponde al valor de la corriente permitida por el conductor. Finalmente, debajo de la figura 4-2, aparece una sencilla fórmula que determina el área del conductor en función del diámetro, tomado con el conductor desnudo, sin aislante y que puede ser medido con una galga, con un micrómetro o con un pié de Rey.

CALIBRE o Nº	DIAMETRO en mm	AREA en mm^2	CORRIENTE PERMITIDA (I)
12	2,053	3,309	10A
14	1,628	2,081	6,25A
15	1,450	1,650	5A
16	1,291	1,309	4A
17	1,150	1,038	3A
18	1,024	0,8231	2,5A
19	0,9116	0,6527	2,0A
20	0,8118	0,5176	1,6A

4-2

CALIBRE o Nº	DIAMETRO en mm	AREA en mm^2	CORRIENTE PERMITIDA (I)
21	0,7229	0,4105	1,25A
22	0,6438	0,3255	1,0A
23	0,5733	0,2582	0,78A
24	0,5106	0,2047	0,6A
25	0,4547	0,1624	0,5A
26	0,4049	0,1288	0,4A
27	0,3606	0,1021	0,3A
28	0,3211	0,081	0,25A

$$A = 0,7854 \times D^2$$

Donde:

A = Área en mm^2

D = Diámetro en mm

0,7854 = Constante

La corriente (I) permitida en amperios, se puede aproximar así:

$$I = SC \times D$$

Donde:

SC = Sección del Conductor en mm^2

D = Densidad de Corriente Permitida por cada mm^2 de área o sección transversal, que es de 3A.

Cables Especiales

Cable Blindado

En los circuitos de audio, entre el preamplificador y el amplificador de potencia se usa un tipo de cable especial conocido como **blindado** o coaxial. Este cable sirve para acoplar la señal y evitar el ruido causado por campos magnéticos externos.

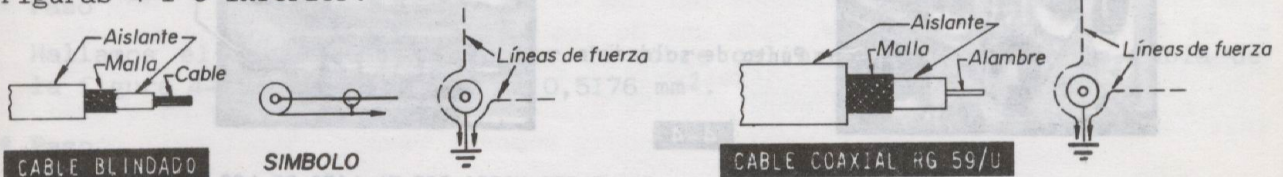
Esta construido con base en dos conductores, uno central (un cable delgado) y otro periférico en forma de malla, pero aislados ambos entre sí. El conductor externo o la malla se conecta a la tierra o masa del circuito y la señal se transporta por el central.

Para este conductor, la malla externa forma un cilindro hueco conectado a tie

rra o masa. Cualquier **línea de fuerza** "no lo puede" atravesar, pues el alambre enmallado es mejor conductor que el aire o el plástico. Así se evita que en el conductor central se induzcan corrientes parásitas causadas por el campo magnético de conductores cercanos. Figuras 4-1 e inferior.

Cable Coaxial RG59/U

Existe otro conductor muy empleado en circuitos de radiofrecuencia muy parecido al anterior. Sin embargo, el conductor central no es un cable delgado y sí un alambre más rígido. Su impedancia es de 75Ω y se emplea como cable de bajada en televisión o para hacer acoplamientos entre la videograbadora y el televisor. Figuras 4-1 e inferior.



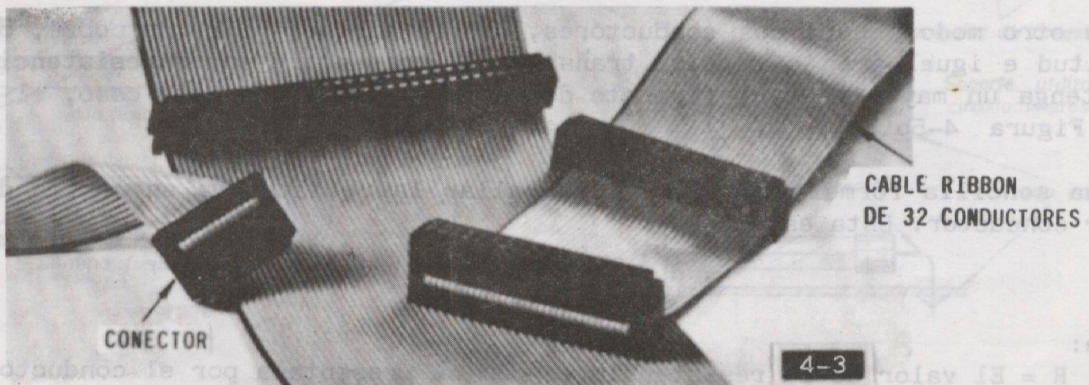
Cable de Bajada

Además de los anteriores, se emplea otro cable cuyos conductores (en realidad dos cables) van en forma paralela pero bastante separados, aislados entre sí. Este cable es llamado **cable de bajada**. Vulgarmente algunos técnicos lo llaman **amphenol**, pero este nombre realmente se deriva del fabricante, su impedancia es de 300Ω . Figura 4-1.

Cable Ribbon (Tipo cinta)

Por ser de mucho empleo en la actualidad, es necesario mencionar una tira de conductores compuestos por varios cables, aislados unos de otros y colocados en forma tal que forman una especie de cinta. Este es el **cable Ribbon**.

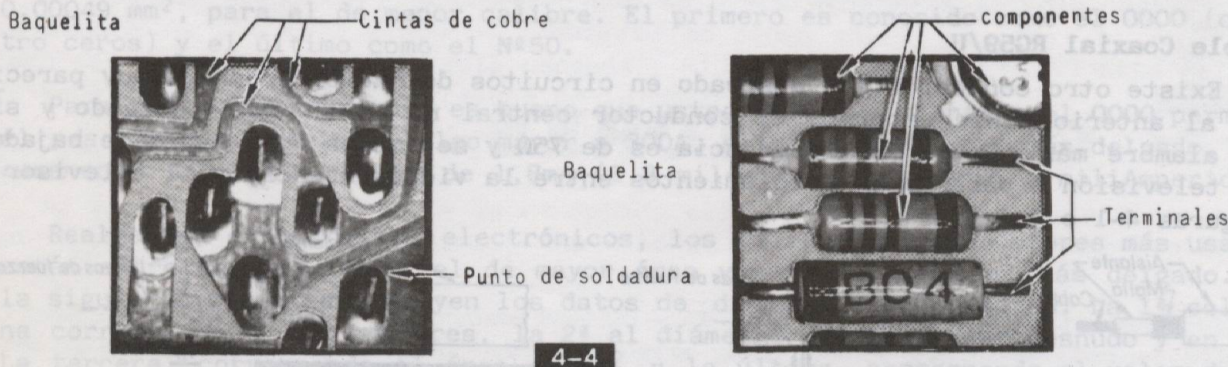
El cable Ribbon, se utiliza en microcomputadores, en televisores a color, en equipos de sonido y multiplicidad de aplicaciones. Viene conformado por 10, 14, 16, 20... y hasta 60 cables al tiempo, generalmente calibre N°28. Facilita grandemente la interconexión entre sí de varios módulos o circuitos impresos. Para ello, lleva en uno o en ambos extremos, un conector especial de tipo enchufable. Figura 4-3.



Conductores Impresos

Para eliminar el engorroso sistema de **cablear** o alambrear uno o varios circuitos por medio de conductores normales, hoy en día se emplea una forma de bakelita (material aislante) o de fibra de vidrio, sobre la cual se montan los compo-

nentes de los circuitos y por la parte inferior se hace su conexión por medio de cintas delgadas de cobre, previamente elaboradas. Sobre estos circuitos o conductores impresos se hablará más adelante. Un módulo conteniendo circuitos con conductores impresos, aparece en la figura 4-4.



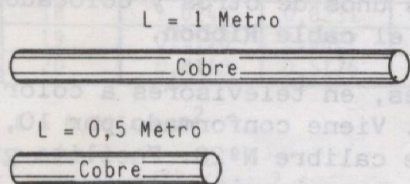
BAQUELITA VISTA POR EL LADO COBRIZADO

BAQUELITA VISTA POR EL LADO DE LOS COMPONENTES

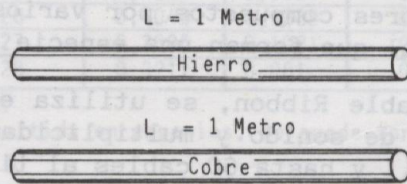
Habiendo ya conocido los tipos de conductores de mayor empleo en la electrónica, es muy conveniente que conozca los siguientes aspectos:

La resistencia de un conductor (oposición al paso de la corriente), es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional al área o sección transversal.

Así pues, si analizamos dos conductores de cobre con diferente longitud e igual área o sección transversal, el más largo presentará **mayor resistencia**. Figura 4-5a.



4-5a



4-5b

De otro modo, entre dos conductores, uno de hierro y otro de cobre, de igual longitud e igual área o sección transversal, presentará **mayor resistencia** aquel que tenga un mayor ρ o coeficiente de resistividad. Para este caso, el de hierro. Figura 4-5b.

Una sencilla fórmula nos dice como hallar la resistencia en ohmios de cualquier conductor. Esta es:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Donde:

- R = El valor de la resistencia en ohmios presentada por el conductor.
- ρ = Coeficiente de resistividad o resistencia del conductor presentado en una longitud de 1 metro y un área de 1mm^2 . Varía según el tipo de metal conductor.
- L = Longitud en metros
- A = Área o sección transversal en mm^2 .

Ejemplo de Aplicación:

Supongase un conductor de cobre que tiene una longitud de 100 mts (una chipa) y es calibre Nº20. Hallar el valor de su resistencia.

Desarrollo

1º Paso

Hallamos el ρ para el cobre de acuerdo con la tabla de la figura 2-8 en la página 16. Este es de $0,016 \Omega \times \text{mm}^2/\text{metro}$.

2º Paso

Hallamos el área de un conductor de cobre calibre 20 que según la tabla de la figura 4-2, página 34, es de $0,5176 \text{ mm}^2$.

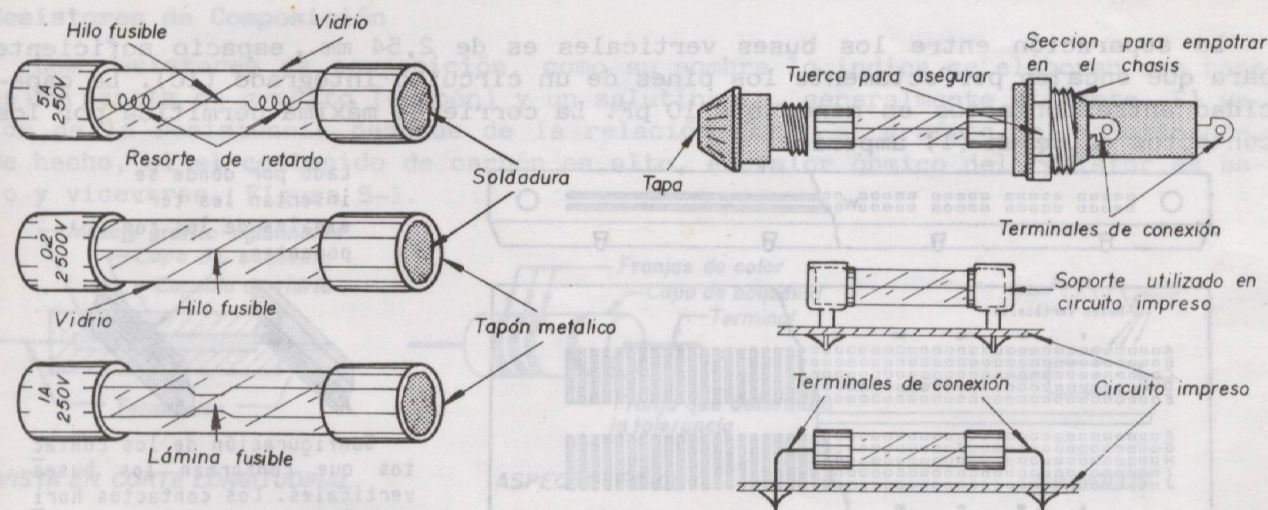
3º Paso

Hacemos operaciones

$$R = \rho \frac{L}{A} = 0,016 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times \frac{100 \text{ m}}{0,5176 \text{ mm}^2} = \frac{1,6 \Omega \cdot \text{mm}^2}{0,5176 \text{ mm}^2} = 3,09 \Omega$$

Fusibles

Los fusibles empleados en los circuitos electrónicos, son encapsulados. Es decir, consisten en un cilindro de vidrio, con un par de tapones metálicos en los extremos. Ambos tapones vienen unidos a través de un hilo conductor muy delgado tipo fusible, casi siempre de aluminio, plata, cobre o aleaciones especiales y ubicado dentro del cilindro de vidrio. Lo anterior con el fin de evitar que las partículas metálicas fundidas, al desprenderse, caigan dentro del circuito y ocasionen otros posibles cortos, aparte del inicial. También, estas partículas pueden afectar fisiológicamente al técnico.



4-6

Casi la mayoría viene para ser montado en el circuito impreso sobre un par de sockets o bases portafusibles, ubicados cerca de la fuente o al cable de alimentación. Es muy importante que al reponer un fusible que se ha fundido, y por lo tanto abierto, se haga con otro de las mismas especificaciones, de tensión y de corriente. Estos datos aparecen sobre uno de los tapones metálicos.

El Protoboard.

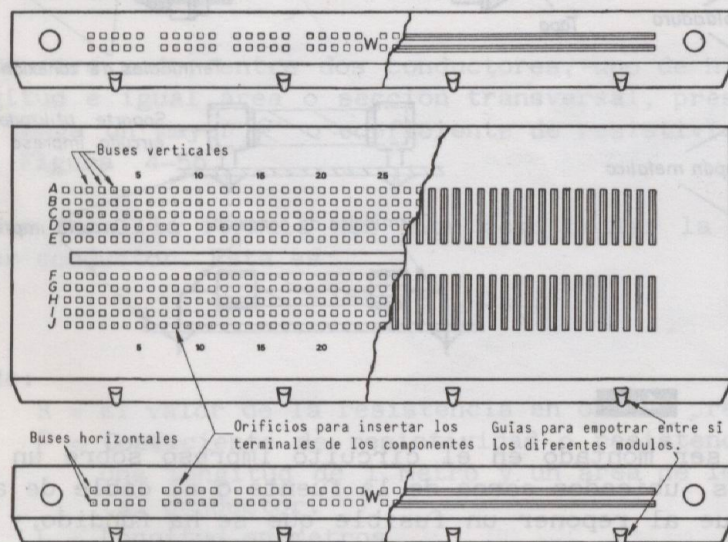
En la actualidad, se ha impuesto y en forma definitiva, tanto para el principiante como para el técnico avanzado, un tablero de conexiones rápidas en el que **no se emplea la soldadura** y es conocido como **Protoboard o Breadboard**. Entre las marcas fabricantes, figuran, la **WISH (W)** con su modelo 102, la **Global Specialties** con su modelo Experimentor 300 y la **Ariston**. Para facilitar nuestra explicación tomaremos el modelo 102 de la **WISH**, y que es de fácil adquisición en nuestro medio.

Este Protoboard dispone, tanto en la parte superior como en la inferior, de dos buses de conexión conformados por dos tiras largas metálicas, interrumpidas en el centro por la letra **W**. Cada uno de los dos (2) buses, dispone de ocho (8) grupos, cada uno tiene cinco (5) agujeros para **insertar** los terminales de los componentes. Los buses superiores se pueden destinar para el polo positivo y los inferiores para el polo negativo.

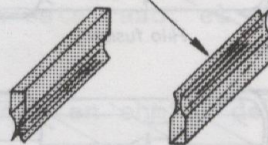
En el centro y a todo lo largo del Protoboard, viene una separación ideal para colocar circuitos integrados. Para ello, se dispone en la parte superior de 64 pequeños **buses verticales** de cinco (5) agujeros cada uno. Cada agujero está rotulado como A, B, C, D y E. De igual modo, en la parte inferior, también se dispone de otros 64 **buses verticales** con sus cinco (5) agujeros identificados como F, G, H, I y J.

En cada uno de los agujeros, ya sea de los buses de conexión horizontales como verticales, se pueden introducir los terminales de componentes tales como resistores, capacitores, bobinas, diodos, etc., o alambres cuyo diámetro esté entre 0,25 y 0,8 mm. **Nunca introduzca** terminales con diámetros superiores a esta medida, pues los **ganchos** de los agujeros **pierden** paulatinamente su presión y al final los contactos con los terminales introducidos, se tornan erráticos o inconsistentes, ocasionando fallas en los circuitos allí armados.

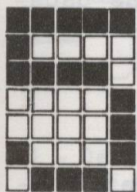
La separación entre los buses verticales es de 2,54 mm., espacio suficiente para que encajen perfectamente los pines de un circuito integrado (IC). La capacidad entre contactos es menor que 10 pF. La corriente máxima permitida por los contactos es de un (1) amperio.



Lado por donde se insertan los terminales de los componentes.



Configuración de los contactos que conforman los buses verticales. Los contactos horizontales, son similares, la diferencia radica en que estos son más largos.



RESISTORES

Los resistores, irregularmente llamados resistencias, son los elementos de mayor empleo en el ramo de la electrónica y según su funcionamiento y construcción se pueden clasificar en tres grandes grupos, a saber:

- 1 - Fijos
- 2 - Ajustables
- 3 - Variables

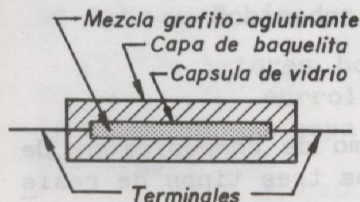
Resistores Fijos

Un resistor es un elemento fabricado para oponerse o presentar **resistencia** al paso de la corriente. Los resistores fijos son aquellos cuyo valor óhmico no se puede alterar o variar, se fabrican con determinado valor óhmico. Estos pueden ser:

- a. De composición
- b. De película
- c. De cinta

Resistores de Composición

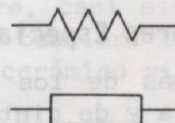
Los resistores de composición, como su nombre lo indica se elaboran con base en una mezcla de grafito (carbón) y un aglutinante, generalmente aislante. El valor de la resistencia depende de la relación entre el grafito y el aglutinante. De hecho, si el contenido de carbón es alto, el valor óhmico del resistor es bajo y viceversa. Figura 5-1.



VISTA EN CORTE LONGITUDINAL



ASPECTO FISICO



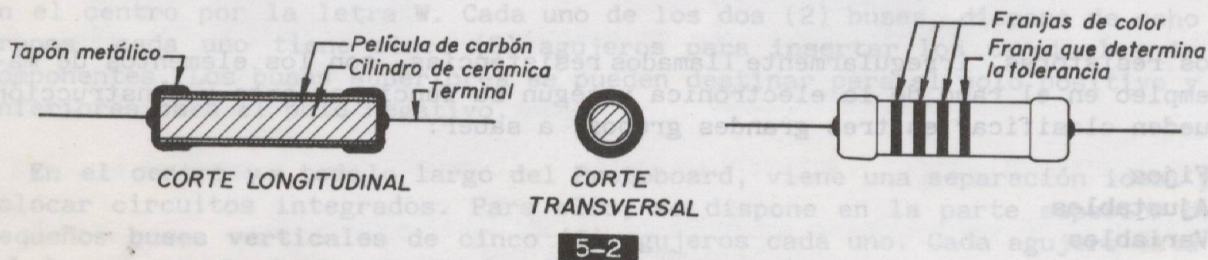
SÍMBOLOS

La mezcla de ambos materiales, se deposita a presión en una pequeña capsula de vidrio, en cuyos extremos se colocan un par de electrodos, figura 5-1. Posteriormente, la capsula y parte de los electrodos o terminales, son recubiertos por una capa de baquelita, sobre la cual se imprime en forma de franjas circulares, un código de color, que más adelante detallaremos.

Los resistores de composición, suelen tener empleo en circuitos de audio y radio frecuencia de bajo costo y donde la calidad no sea un factor muy determinante. Es de anotar que su tamaño depende de la potencia, siendo los más usuales $\frac{1}{4}W$, $\frac{1}{2}W$, $1W$ y $2W$.

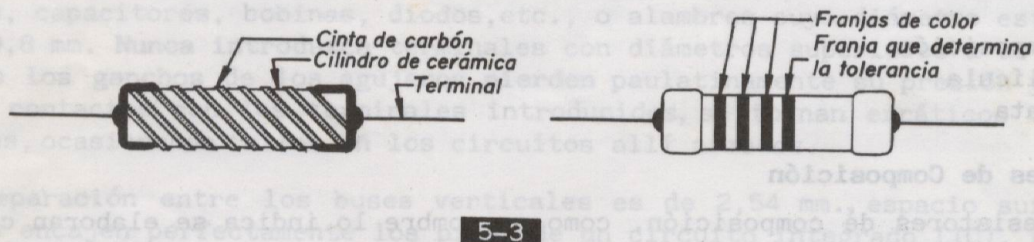
Resistores de Película

Los resistores de película están contruidos con base en un cilindro de porcelana o cerámica sobre el cual se deposita una fina película de carbón (grafito). En los extremos, vienen un par de tapones metálicos con sus respectivos electrodos o terminales para conectar el resistor al circuito, figura 5-2.



Resistores de Cinta

Los resistores de cinta de carbón tienen apariencia muy análogas a los de película. La diferencia radica en que el carbón se deposita como una delgada cinta enrollada sobre el cuerpo de porcelana o cerámica. Figura 5-3.



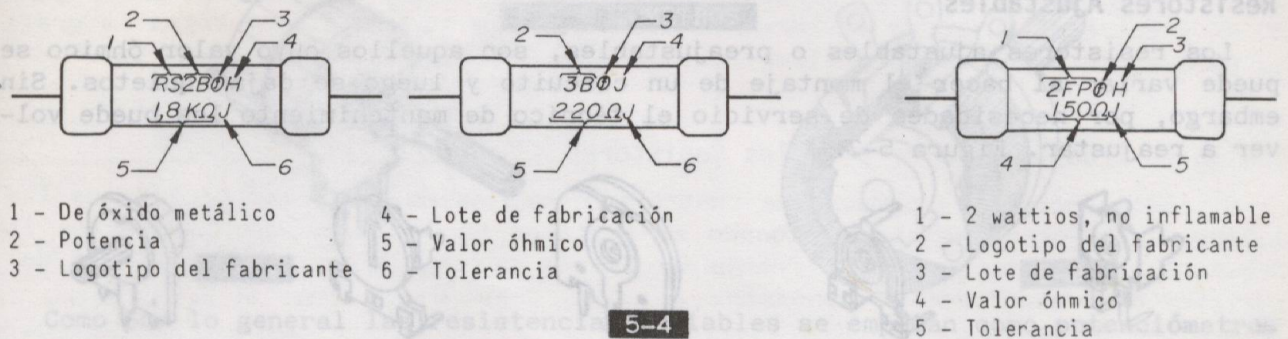
La ventaja de los resistores de carbón de tipo cinta o película sobre los de **composición**, es que no generan ruido (fritura) y se les puede emplear en circuitos de audio y radio frecuencia de mayor costo y calidad.

Resistores Especiales

Además de los resistores de carbón antes enunciados como de composición, de película y de cinta, actualmente existen en el mercado otros tres tipos de resistores.

- 1 - De película con base en óxidos metálicos.
- 2 - De película metálica.
- 3 - Bobinados

Los resistores de película con base en óxidos metálicos, código **RS**, se emplean bastante en etapas de potencia de audio. Estos se fabrican en tamaños de de 1, 2 y $3W$. Vienen en dos colores: marrón rojizo para los comunes y de color gris para los **no inflamables**. Algunas veces vienen de color azul violeta. Estos resistores traen en su cuerpo la letra **F**. Figura 5-4.

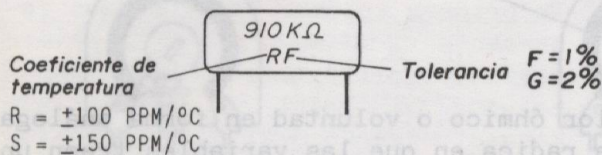


5-4

Los resistores de película metálica vienen en dos grupos:

- De potencia
- De precisión

Los resistores de potencia vienen en forma tubular con apariencia similar al de los de óxido metálico. Los de **precisión** vienen en dos formas, **rectangular y tubular**.



PPM = Partes por millón que puede variar su valor por cada grado de incremento o decremento de la temperatura.

5-5a

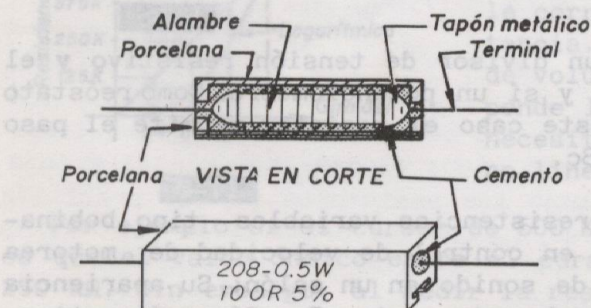


5-5b

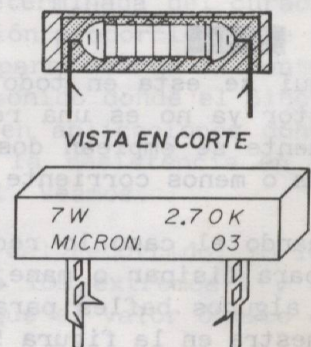
Los resistores de precisión tubulares son muy parecidos en su presentación a los de cinta y película de carbón, pues traen franjas de color para representar su valor óhmico. Sin embargo, la 5ª franja, indica la tolerancia del valor óhmico, casi siempre es de color café (1%) y rojo (2%) esta franja viene más alejada de las otras cuatro. Figura 5-5b

Resistores Bobinados

Los resistores bobinados, están elaborados por un alambre, casi siempre de ferro-níquel, enrollado alrededor de una forma de porcelana tubular. Encima se le deposita una capa de material aislante a base de material cerámico vitrificado. Figura 5-6.



5-6



Resistores Ajustables

Los resistores ajustables o preajustables, son aquellos cuyo valor óhmico se puede variar al hacer el montaje de un circuito y luego se dejan quietos. Sin embargo, por necesidades de servicio el técnico de mantenimiento los puede volver a reajustar. Figura 5-7.



DIFERENTES TIPOS DE RESISTORES AJUSTABLES

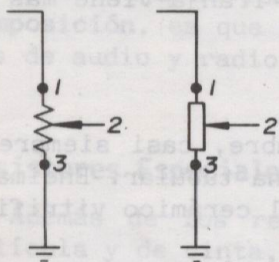
5-7

En estos casos, el cuerpo resistivo está elaborado con base al carbón depositado sobre una "herradura" de bakelita. Haciendo contacto con el cuerpo resistivo se halla un elemento móvil llamado cursor, cuya posición se establece con un pequeño destornillador o en algunos más modernos, con un pequeño eje que se puede girar manualmente.

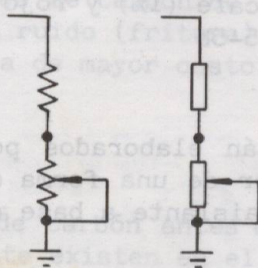
Resistores Variables

Un resistor variable puede variar su valor óhmico o voluntad en forma análoga a la del resistor ajustable. La diferencia radica en que las variables traen un eje o control de mando y éste se puede manipular constantemente. Se emplean como controles de volumen y de tonos en los amplificadores. En algunas fuentes reguladas para variar la tensión de salida y en algunos controles de velocidad. Sin embargo, aquí caben varias aclaraciones. Veamos.

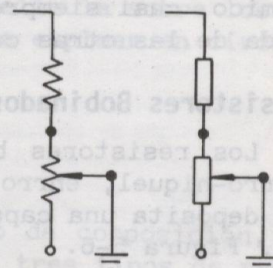
Una resistencia **variable** se puede emplear como **potenciómetro** por ejemplo para regular el volumen. En este caso, la tensión o señal de entrada se coloca en los extremos 1 y 3 y la salida se toma entre el 2 y masa. Figura 5-8a.



5-8a



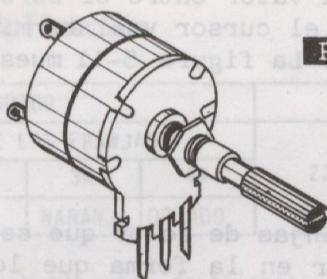
5-8b



5-8c

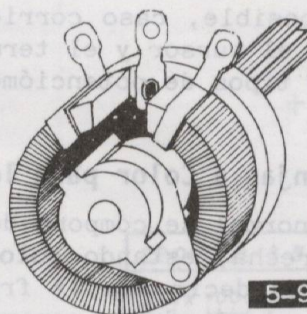
Aquí se está en todo momento **haciendo** un divisor de tensión resistivo y el resistor ya no es una resistencia variable y sí un potenciómetro. Como reóstato solamente se emplean dos terminales y en este caso el resistor permite el paso de más o menos corriente. Figuras 5-8b y 5-8c.

Cuando el caso lo requiere, se emplean resistencias variables tipo bobinados para disipar o manejar mayor potencia, en control de velocidad de motores o en algunos bafles para regular el nivel de sonido en un salón. Su apariencia se muestra en la figura 5-9b. Su potencia puede estar entre 5 y 50 o más watios.



5-9a

POTENCIOMETROS



5-9b

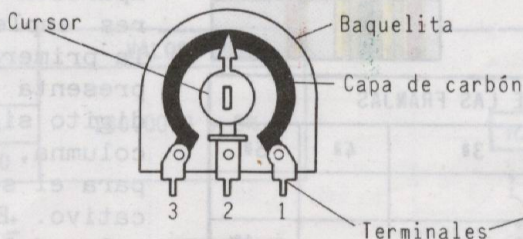
Como por lo general las resistencias variables se emplean como **potenciómetros** y no como reóstatos. Se construyen en su gran mayoría con base en carbón. Por su construcción pueden ser:

- Lineales
- Logarítmicos

Un **potenciómetro lineal**, es aquel donde la variación de la resistencia es proporcional al giro o desplazamiento del cursor.



5-10a



5-10b

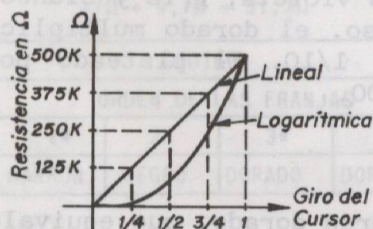


5-10c

Supongamos un potenciómetro de 500 K Ω . Si el cursor está girado todo a la izquierda, el valor de resistencia entre el cursor y el terminal 1 es de 500 K Ω . La resistencia entre el cursor y el terminal 3 es cero ohmios. Figura 5-10a.

Si colocamos el potenciómetro con su cursor en la mitad de su recorrido, la resistencia entre dicho cursor y el terminal 1, es igual a la resistencia entre el cursor y el terminal 3, 250 K Ω . Figura 5-10b.

Si el cursor está a 3/4 de su recorrido total, la resistencia entre el cursor y el terminal 1 es de 375 K Ω y entre el cursor y el terminal 3, de 125 K Ω . Es decir, el valor de la resistencia entre el cursor y cualquiera de sus terminales 1 y 3, es proporcional a la posición de éste. Figura 5-10c.



5-11

Los **potenciómetros logarítmicos** se caracterizan porque a una variación determinada del cursor, no le corresponde una variación proporcional de resistencia. Están diseñados para usarse en controles de volumen en equipos de sonido donde el oído responde logarítmicamente o en aplicaciones donde se necesitan variaciones de la resistencia en forma no lineal y sí exponencial. Veamos.

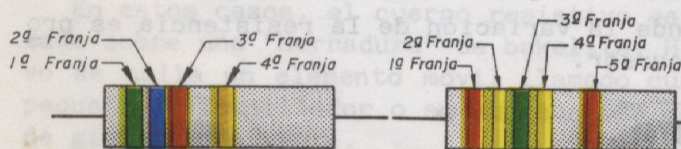
Por ejemplo si el cursor de 500 K Ω está en la mitad del recorrido, lo lógico es que el valor óhmico entre el cursor y cualquiera de los extremos 1 y 3 sea 250 K Ω . Sin embargo, al medir la resistencia se halla que el valor óhmico entre

el cursor y el terminal 1, es mucho mayor que el valor entre el cursor y el terminal 3. Es posible, caso corriente, que entre el cursor y el terminal 1 marque 50 K Ω y entre el cursor y el terminal 3, 450 K Ω . La figura 5-11 muestra la gráfica para ambos tipos de potenciómetros.

Código en Franjas a Color para los Resistores

El código normal se compone de cuatro (4) franjas de color que se leen de izquierda a derecha, estando **colocado** el resistor en la forma que lo muestra la figura 5-12, es decir, la 1ª franja es la más cercana a uno de los bordes del resistor o al electrodo de conexión.

La 1ª y 2ª franja de color, indican en su orden el 1º y 2º dígito significativo de la cifra. La 3ª franja, indica el multiplicador o la cantidad de ceros que se deben agregar al 1º y 2º dígito para obtener el valor **nominal** del resistor. La 4ª franja, indica la tolerancia en el valor que tiene el resistor, es decir, el rango dentro del cual puede estar **ubicado realmente** el resistor.



	ORDEN DE LAS FRANJAS				
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
NEGRO		0	x1		
MARRÓN	1	1	x10		+ 1%
ROJO	2	2	x100		+ 2%
NARANJA	3	3	x1.000		
AMARILLO	4	4	x10.000		
VERDE	5	5	x100.000		
AZUL	6	6	x1.000.000		
VIOLETA	7	7			
GRIS	8	8			
BLANCO	9	9			
DORADO			x0,1	+ 5%	
PLATEADO			x0,01	+ 10%	
SIN COLOR				+ 20%	

En la tabla de la figura 5-12, aparecen en primer lugar, los colores empleados en las franjas. En la primera columna el valor que representa cada color para el primer dígito significativo. En la segunda columna, el valor de cada franja para el segundo dígito más significativo. En la tercera columna, el valor del multiplicador o el número de ceros que se deben agregar. En la cuarta columna, aparece el valor que representa la cuarta franja del resistor, como el porcentaje de la tolerancia.

Si es detallista, observará que en la primera franja no se utiliza el negro, tampoco el dorado y el plateado. En la segunda franja se utilizan todos los colores, exceptuando el dorado y el plateado. En la tercera franja no se utilizan los colores violeta, gris y blanco. En este caso, el dorado multiplica por 0,1 ó 1/10. El plateado por 0,01 ó 1/100.

5-12

En la 4ª franja o de tolerancia, se emplean los colores dorado, que equivale a 5% de tolerancia. El plateado al 10% y cuando viene el resistor sin 4ª franja o sin color, la tolerancia es del 20%. Cuando los resistores son de precisión y su identificación depende de 5 franjas, las cuatro (4) primeras determinan su valor y la 5ª franja determina su tolerancia que regularmente es del 1% y 2%.

Ejemplos de Aplicación

CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				
1ª	2ª	3ª	4ª	
ROJO	ROJO	NARANJA	DORADO	22.000Ω ± 5%

Para determinar el rango de tolerancia, se multiplica el valor nominal por el estipulado en la cuarta franja, se divide por 100. Veamos.

$$\text{Tolerancia} = \frac{22.000\Omega \times 5}{100} = 1100\Omega \pm$$

Luego:

$$22.000\Omega - 1100\Omega = 20.900\Omega$$

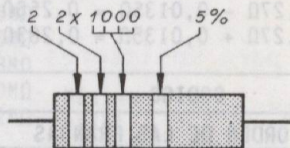
$$22.000\Omega + 1100\Omega = 23.100\Omega$$

Rango de Medida

20.900Ω a 23.100Ω

Esto nos da a entender que el resistor, al medirlo debe dar un valor entre 20.900Ω y 23.100Ω. Si no es así, el resistor **esta alterado** y hay que reemplazarlo.

$22.000\Omega \pm 5\%$



CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				
1ª	2ª	3ª	4ª	
MARRON	NEGRO	AMARILLO	DORADO	100.000Ω + 5%

$$\text{Tolerancia} = \frac{100.000 \times 5}{100} = 5000\Omega \pm$$

Luego:

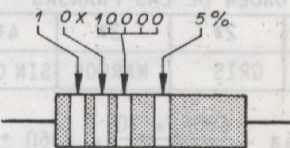
$$100.000\Omega - 5000\Omega = 95.000\Omega$$

$$100.000\Omega + 5000\Omega = 105.000\Omega$$

Rango de Medida

95.000Ω a 105.000Ω

$100.000\Omega \pm 10\%$



CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				
1ª	2ª	3ª	4ª	
AMARILLO	VIOLETA	NEGRO	PLATEADO	47Ω + 10%

$$\text{Tolerancia} = \frac{47\Omega \times 10}{100} = 4,7\Omega \pm$$

Luego:

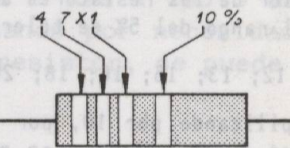
$$47\Omega - 4,7\Omega = 42,3\Omega$$

$$47\Omega + 4,7\Omega = 51,7\Omega$$

Rango de Medida

42,3Ω a 51,7Ω

$47\Omega \pm 10\%$



CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				
1ª	2ª	3ª	4ª	
MARRON	NEGRO	DORADO	DORADO	$100 \times 0,1 = 1\Omega \pm 5\%$ $100 \times 1 = 1\Omega \pm 5\%$ 10

$$\text{Tolerancia} = \frac{10 \times 5}{100} = 0,05\Omega \pm$$

Luego:

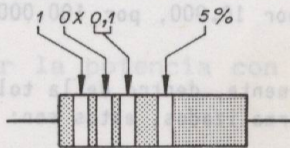
$$1\Omega - 0,05\Omega = 0,95$$

$$1\Omega + 0,05\Omega = 1,05$$

Rango de Medida

0,95Ω a 1,05Ω

$1\Omega \pm 5\%$



CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				$\frac{27 \times 1}{100} = 0,27\Omega \pm 5\%$
1ª	2ª	3ª	4ª	
ROJO	VIOLETA	PLATEADO	DORADO	

$$\text{Tolerancia} = \frac{0,27\Omega \times 5}{100} = 0,0135\Omega \pm$$

Luego:

$$0,27\Omega - 0,0135\Omega = 0,256\Omega$$

$$0,27\Omega + 0,0135\Omega = 0,283\Omega$$

Rango de Medida

$$0,256\Omega \text{ a } 0,283\Omega$$

CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				$3.900.000\Omega \pm 10\%$
1ª	2ª	3ª	4ª	
NARANJA	BLANCO	VERDE	PLATEADO	

$$\text{Tolerancia} = \frac{3.900.000\Omega \times 10}{100} = 390.000\Omega \pm$$

Luego:

$$3.900.000\Omega - 390.000\Omega = 3.510.000\Omega$$

$$3.900.000\Omega + 390.000\Omega = 4.290.000\Omega$$

Rango de Medida

$$3.510.000\Omega \text{ a } 4.290.000\Omega$$

CODIGO				VALOR
ORDEN DE LAS FRANJAS				$680\Omega \pm 20\%$
1ª	2ª	3ª	4ª	
AZUL	GRIS	MARRON	SIN COLOR	

$$\text{Tolerancia} = \frac{680\Omega \times 20}{100} = 136\Omega \pm$$

Luego:

$$680\Omega - 136\Omega = 544\Omega$$

$$680\Omega + 136\Omega = 816\Omega$$

Rango de Medida

$$544\Omega \text{ a } 816\Omega$$

Valores Normalizados.

El valor de los resistores actualmente existentes, parten de una serie normalizada o estandarizada. En el rango del 5% de tolerancia, todos parten de **24 valores**, tales como:

10; 11; 12; 13; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 27; 30; 33; 36; 39; 43; 47; 51; 56; 62; 68; 75; 82 y 91Ω.

Multiplicando por 10, por 100, por 1.000, por 10.000, por 100.000 y por 1.000.000; se obtienen resistores cuyos valores son multiples de los ya normalizados. De igual modo, dividiendo por 10 o por 100, se obtienen valores que están por debajo de 10.

Para los resistores del 10% de tolerancia, existen solo 12 valores normalizados, la mitad de los del 5%, así:

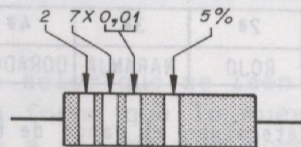
10; 12; 15; 18; 22; 27; 33; 39; 47; 56; 68 y 82Ω.

Los demás valores del 10% se deducen, multiplicando los valores anteriores por 10, por 100, por 1.000, por 10.000, por 100.000 y por 1.000.000 o dividiendo por 10 y por 100, para valores debajo de 10.

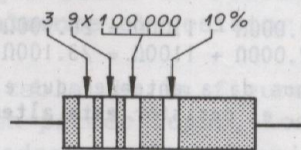
Finalmente, dentro de la tolerancia del 20%, para circuitos de poca precisión, solo existen 6 valores normalizados, estos son:

10; 15; 22; 33; 47 y 68Ω

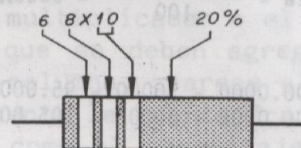
$$0,27\Omega \pm 5\%$$



$$3.900.000\Omega \pm 10\%$$



$$680\Omega \pm 20\%$$



Como en los casos anteriores, los demás valores se deducen, multiplicando a estos por 10, por 100 por 1.000, por 10.000, por 100.000 y por 1.000.000, o dividiendo por 10 y por 100, para obtener valores inferiores a 10.

TABLA DE VALORES NORMALIZADOS

10 Ω	100 Ω	1 KΩ	10KΩ	100KΩ	1 MΩ	10MΩ
11 Ω	110 Ω	1,1KΩ	11KΩ	110KΩ	1,1MΩ	11MΩ
12 Ω	120 Ω	1,2KΩ	12KΩ	120KΩ	1,2MΩ	12MΩ
13 Ω	130 Ω	1,3KΩ	13KΩ	130KΩ	1,3MΩ	13MΩ
15 Ω	150 Ω	1,5KΩ	15KΩ	150KΩ	1,5MΩ	15MΩ
16 Ω	160 Ω	1,6KΩ	16KΩ	160KΩ	1,6MΩ	16MΩ
18 Ω	180 Ω	1,8KΩ	18KΩ	180KΩ	1,8MΩ	18MΩ
20 Ω	200 Ω	2 KΩ	20KΩ	200KΩ	2 MΩ	20MΩ
22 Ω	220 Ω	2,2KΩ	22KΩ	220KΩ	2,2MΩ	22MΩ
24 Ω	240 Ω	2,4KΩ	24KΩ	240KΩ	2,4MΩ	24MΩ
27 Ω	270 Ω	2,7KΩ	27KΩ	270KΩ	2,7MΩ	27MΩ
30 Ω	300 Ω	3 KΩ	30KΩ	300KΩ	3 MΩ	30MΩ
33 Ω	330 Ω	3,3KΩ	33KΩ	330KΩ	3,3MΩ	33MΩ
36 Ω	360 Ω	3,6KΩ	36KΩ	360KΩ	3,6MΩ	36MΩ
39 Ω	390 Ω	3,9KΩ	39KΩ	390KΩ	3,9MΩ	39MΩ
43 Ω	430 Ω	4,3KΩ	43KΩ	430KΩ	4,3MΩ	43MΩ
47 Ω	470 Ω	4,7KΩ	47KΩ	470KΩ	4,7MΩ	47MΩ
51 Ω	510 Ω	5,1KΩ	51KΩ	510KΩ	5,1MΩ	51MΩ
56 Ω	560 Ω	5,6KΩ	56KΩ	560KΩ	5,6MΩ	56MΩ
62 Ω	620 Ω	6,2KΩ	62KΩ	620KΩ	6,2MΩ	62MΩ
68 Ω	680 Ω	6,8KΩ	68KΩ	680KΩ	6,8MΩ	68MΩ
75 Ω	750 Ω	7,5KΩ	75KΩ	750KΩ	7,5MΩ	75MΩ
82 Ω	820 Ω	8,2KΩ	82KΩ	820KΩ	8,2MΩ	82MΩ
91 Ω	910 Ω	9,1KΩ	91KΩ	910KΩ	9,1MΩ	91MΩ

Máximo
valor
actual

Disipación de Potencia

El tamaño que presenta un resistor en su construcción, está determinado por la potencia (P) en vatios (W) que éste pueda **disipar** o **soportar** sin alterarse. De hecho, a menor potencia disipada su tamaño es reducido y por el contrario a mayor potencia a disipar, su tamaño físico será mayor.

En los resistores de carbón, se pueden hallar tamaños para potencias de 1/8; ¼; ½; 1 y 2W. En los de película, se construyen desde ¼ hasta 2W. Los bobinados o de alambre se fabrican en potencias que van desde los 2 hasta 100 o más vatios. De hecho, son los que mayor potencia disipan. Cuando por necesidades de diseño se requiere saber la potencia que debe tener un resistor, se puede recurrir a la siguiente fórmula, veamos:

$$P = V \times I \quad \text{ó} \quad P = I^2 \times R$$

Ejemplo de Aplicación

Supongase que en un circuito cualquiera, se tiene un resistor de 1800Ω por el cual circula una corriente de 20mA. Determinar la **potencia** requerida por el resistor. El primer paso en el cálculo, es determinar la caída de tensión que está soportando dicho resistor, de acuerdo a la ley de ohm:

$$V = I \times R = 0,020A \times 1800\Omega = 36V$$

Conociendo la caída de tensión, procedemos a calcular la potencia con la 1ª fórmula, así:

$$P = V \times I = 36V \times 0,02A = 0,72W$$

Por seguridad, con el fin de evitar que el resistor se caliente demasiado y

AUTOEVALUACION (1)

Marque con una X, al lado izquierdo, una de las cuatro respuestas que usted considere correcta de acuerdo a la pregunta.

- 1 - La mínima expresión de la materia como tal es:
 - a. La sal
 - b. El electrón
 - c. La molécula
 - d. El átomo
- 2 - Dentro de un átomo cualquiera, la partícula de mayor movilidad, es:
 - a. El protón
 - b. El núcleo
 - c. El electrón
 - d. El neutrón
- 3 - Cual de las siguientes afirmaciones es cierta:
 - a. El protón tiene carga negativa
 - b. El electrón tiene carga positiva
 - c. El neutrón tiene carga negativa
 - d. El electrón tiene carga negativa
- 4 - El elemento (átomo) de oxígeno, tiene:
 - a. Tres (3) niveles de energía
 - b. Tres electrones en su última órbita
 - c. Dos niveles de energía
 - d. Dos (2) electrones en su último nivel de energía
- 5 - Los átomos de silicio y germanio se caracterizan por:
 - a. Ser aislantes
 - b. Ser conductores
 - c. Ser semiconductores
 - d. Tener enlace IONICO
- 6 - Los electrones libres:
 - a. Tienen poca energía
 - b. Están en órbitas cercanas al núcleo
 - c. Fácilmente pueden ser liberados
 - d. Están en átomos con **gaps** bastantes amplios.
- 7 - La energía generada por una planta hidroeléctrica emplea el fenómeno:
 - a. Térmico
 - b. Magnético
 - c. Químico
 - d. De la presión
- 8 - De todos los medios conocidos para generar electricidad, el más rentable es:

- a. El de las reacciones químicas
- b. El del calor
- c. El del magnetismo
- d. El de la luz

- 9 - El termopar o termocupla, genera electricidad por:
 - a. Reacciones químicas
 - b. Magnetismo
 - c. Vibraciones
 - d. Calor
- 10 - El cristal de cuarzo, posee propiedades:
 - a. Magnéticas
 - b. Piezo-eléctricas
 - c. Aislantes
 - d. Conductoras
11. Dos cuerpos cargados negativamente:
 - a. Se atraen
 - b. Se repelen
 - c. Tienen abundancia de protones
 - d. Tienen deficiencia de electrones

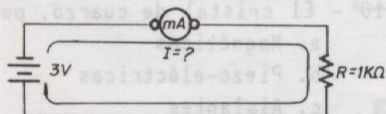
AUTOEVALUACION (2)

- 1 - Un circuito eléctrico está compuesto de:
 - a. Una fuente y un receptor
 - b. Por conductores y receptores
 - c. Por una fuente, conductores y receptor
 - d. Por una fuente y un interruptor
- 2 - Para que una bombilla se encienda:
 - a. El interruptor estará abierto
 - b. El interruptor estará cerrado
 - c. Se presenta un corto-circuito
 - d. No existirá corriente en el circuito
- 3 - Los electrones en un circuito eléctrico, van:
 - a. Externamente del polo positivo al negativo
 - b. Externamente del polo negativo al positivo
 - c. Dejando huecos en el mismo sentido de los electrones
 - d. Viajando sin transmitir su movimiento en forma de vibraciones
- 4 -Cuál de estas definiciones es cierta:
 - a. La **tensión** es un movimiento de electrones
 - b. La **corriente** es la fuerza que impulsa los electrones
 - c. La corriente de un **movimiento** de huecos, teoría electrónica

- 5 - Cuando la tensión (V) o diferencia de potencia es cero voltios:
- La corriente en el circuito básico, es máxima
 - La corriente en el circuito básico, es mínima o cero
 - Una fuente de energía (una pila) está activa
 - La diferencia de potencial (d.d.p) es máxima

- 6 - En el circuito de la figura C-1, la corriente es:

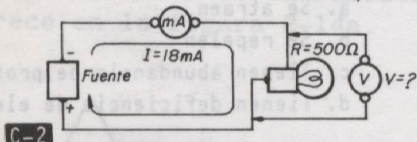
- 3V
- 30mA
- 300mA
- 3mA



C-1

- 7 - En el circuito de la figura C-2, la tensión en los extremos de la bombilla, es:

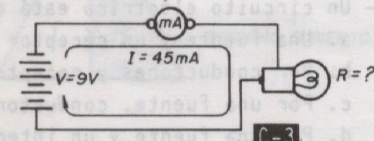
- 1,5V
- 3V
- 9V
- 110V



C-2

- 8 - En el circuito de la figura C-3, la resistencia de la bombilla, es:

- 100Ω
- 2000Ω
- 200Ω
- 1000Ω



C-3

- 9 - En un punto de un circuito se tienen +20V y en el otro +5V. La diferencia de potencial (d.d.p) o tensión entre ambos puntos, es de:
- 20V
 - 25V
 - 15V
 - 5V

- 10 - El coeficiente de resistividad (ρ) de un conductor de cobre, es:

- $0,022\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- $0,49\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- $0,016\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- $0,015\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

- 11 - Una magnitud de 25V en un circuito, equivale a:

- 0,0025 KV
- 0,025 KV
- 2500 mV
- 2500000 uV

- 12 - Una magnitud de corriente de 18mA, equivale a:

- 18000A

- 0,018A
- 0,0018A
- 1800A

- 13 - Una resistencia de 5 KΩ, equivale a:

- 5 MΩ
- 5000 Ω
- 50000 Ω
- 0,05 MΩ

- 14 - Si en una pila, sin carga o circuito abierto mide 1,5V y al colocarle carga, circuito cerrado, la corriente medida es de 0,4A, la tensión en sus extremos se cae a 1,35V, su resistencia interna (R_i) será de:

- 10 Ω
- 0,15 Ω
- 150 Ω
- 0,375 Ω

- 15 - La fórmula para calcular la corriente en un circuito, es:

- $I = V \cdot R$
- $I = \frac{R}{V}$
- $I = \frac{V}{R}$
- $I = \frac{V^2}{R}$

AUTOEVALUACION (3)

- 1 - La pila seca, es:

- Recargable
- No recargable
- Emplea H_2SO_4
- Secundaria

- 2 - Las pilas de Niquel-Cadmio:

- No son recargables
- Son primarias
- Son recargables
- Su tensión es de 1,5V

- 3 - De acuerdo con el cuadro de la página 30, una pila de Niquel-Cadmio tipo C o D que tiene 1200 mAh, con una descarga lenta de 20mA, durará:

- 30 horas
- 20 horas
- 60 horas
- 120 horas

- 4 - Para la mayor duración de una pila o una batería es más aconsejable:

- Una **descarga** rápida
- Una descarga lenta

- c. Uno cualquiera de los dos anteriores métodos de descarga
- d. Someterla, en el caso de la batería, a un proceso de **carga rápida**
- 5 - La pila seca no se puede volver a cargar porque:
- El carbón se disuelve
 - El cinc no es **atacado**
 - El cinc se disuelve
 - Es un elemento secundario
- 6 - Una batería de 12 celdas, bien cargada medirá:
- 13,2V
 - 24V
 - 26,4V
 - 8V
- 7 - Cuando por medio de una fuente, cargamos una batería:
- El grupo de placas negativas de una celda se tornan rojizas
 - El grupo de placas positivas se convierten en plomo esponjoso
 - El grupo de placas positivas se torna rojiza convirtiéndose en peróxido de plomo
 - Las anteriores respuestas son incorrectas
- 8 - Una batería de carro de 90 Ah, alimenta un **autoradio** que exige una corriente de 800 mA por hora. La batería podría durar:
- 90 horas
 - 900 horas
 - 9 horas
 - 112,5 horas
- 9 - Si una batería, por descuido se deja mucho tiempo descargada:
- Su vida útil se incrementa
 - Se puede volver a cargar
 - Se destruye
 - Ninguna de las anteriores respuestas es cierta
- 10 - Si colocamos dos baterías de 12V cada una, en serie, la tensión es:
- 12V
 - 48V
 - 24V
 - 6V
- 11 - De acuerdo al cuadro de la página 30, una pila seca tipo cuadrada de 9V, con base en carbón y cinc, con capacidad para 400

mAh, alimentando un pequeño radio de 9V y con una corriente de 60mA, puede durar aproximadamente:

- 12 horas
- 100 horas
- 6.66 horas
- 40 horas

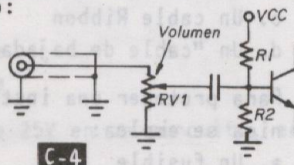
AUTOEVALUACION (4)

- Un conductor:
 - Se opone al paso de la corriente
 - Siempre debe ser de oro
 - Deja pasar fácilmente la corriente
 - Siempre es tipo cable
- Cual de las siguientes afirmaciones es cierta, para un conductor:
 - Entre más largo, menor resistencia
 - Entre más grueso (mayor diámetro) mayor resistencia
 - Entre más corto, mayor resistencia
 - A menor diámetro mayor resistencia
- La corriente permitida para un conductor calibre Nº 17 es:
 - 10A
 - 15A
 - 2,5A
 - 3A
- Para acoplar señales de audio de un preamplificador a la etapa de potencia o en circuitos de radiofrecuencia, se emplea:
 - Alambre rígido
 - Cable flexible corriente
 - Cable dúplex
 - Cable blindado
- Para hacer un acoplamiento de varios puntos al tiempo, se emplea en microcomputadores:
 - Varios cables al tiempo
 - Un circuito impreso
 - Un cable Ribbon
 - Un "cable de bajada"
- Para proteger una instalación, en electrónica se emplea:
 - Un fusible
 - Un Breaker
 - Un fusible con base a plomo
 - Un interruptor
- Un trozo de alambre de cromo, tiene una longitud de 2,50 mts y un calibre Nº 24. Su resistencia es:

- a. 195 Ω
 - b. 1,95 Ω
 - c. 0.195 Ω
 - d. 20 Ω
- 8 - Un circuito impreso, es:
- a. Un circuito integrado
 - b. La litografía que indica la posición de los componentes
 - c. El cableado (tiras de cobre) dispuesto sobre bakelita o fibra de vidrio
 - d. Un cable Ribbon
- 9 - Un protoboard, es:
- a. Un circuito impreso
 - b. Un tablero típico de conexiones sin soldadura
 - c. Un bus de conexiones
 - d. Ninguna de las anteriores es cierta
- 10 - El mínimo diámetro de un conductor o del electrodo de un componente, que se puede emplear en un protoboard, es:
- a. 1 mm
 - b. 1,5 mm
 - c. 0,8 mm
 - d. 1/16 de pulgada

AUTOEVALUACION (5)

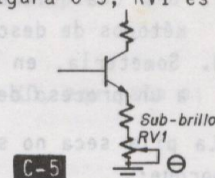
1. Dentro de los resistores de valor fijo:
- a. Están los potenciómetros
 - b. Los reóstatos
 - c. Los de composición
 - d. Los ajustables
- 2 - Un potenciómetro es:
- a. Un resistor fijo
 - b. Un resistor ajustable
 - c. Un resistor variable
 - d. Ninguna de las anteriores afirmaciones es cierta
- 3 - De acuerdo a la figura C-4, el resistor RV1 es de tipo:
- a. Ajustable
 - b. Variable
 - c. Fijo
 - d. De cinta



- 4 - De acuerdo a la misma figura C-4, el resistor R2, es de tipo:
- a. Fijo
 - b. Ajustable
 - c. Variable
 - d. Película

- 5 - De acuerdo a la figura C-5, RV1 es de tipo:

- a. Fijo
- b. Variable
- c. Bobinado
- d. Ajustable



- 6 - De acuerdo a la figura 5-4a, página 41, el resistor es:
- a. De película metálica
 - b. De óxido metálico, SW; 2,8 K Ω
 - c. De óxido metálico, 2W; 1,8 K Ω
 - d. De película metálica, 2W; 1,8 K Ω
- 7 - Un resistor, trae los colores de las franjas de izquierda a derecha, así: Rojo. Rojo-amarillo, Dorado, su valor es:
- a. 220 Ω al 10%
 - b. 2200 Ω al 5%
 - c. 220000 Ω al 5%
 - d. 2,2 M Ω al 5%
- 8 - Un resistor trae de izquierda a derecha, las franjas naranja-blanca-verde, Dorado:
- a. 390 Ω al 5%
 - b. 3,9 M Ω al 10%
 - c. 3,9 M Ω al 5%
 - d. 3,9 Ω al 10%
- 9 - De acuerdo a los valores normalizados, cual de los siguientes valores es posible
- a. 1100 Ω al 10%
 - b. 120 Ω al 20%
 - c. 39 K Ω al 20%
 - d. 1,2 M Ω al 20%
- 10 - Un resistor de 100000 Ω al 5%, puede leer al probarlo:
- a. 108000 Ω
 - b. 97500 Ω
 - c. 110000 Ω
 - d. 93000 Ω
- 11 - Un resistor de precisión de 5 franjas, cuyos valores de izquierda a derecha son marrón, violeta, gris, rojo y marrón, su valor es:
- a. 17,5 Ω al 1%
 - b. 17,8 Ω al 5%
 - c. 17,8 Ω al 1%
 - d. 17,8 K Ω al 1%
- 12 - Un resistor de precisión de 5 franjas, con colores de izquierda a derecha de marrón-naranja-negro, rojo y marrón, es de:
- a. 130 Ω al 1%
 - b. 13 K Ω al 2%
 - c. 1300 Ω al 1%
 - d. 1,3 K Ω al 1%